ISSN 0181-1576

CRYPTOGAMIE

ALGOLOGIE

TOME 16 Fascicule 2 1995

PUBLICATION TRIMESTRIELLE
AVEC LE CONCOURS DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Mai 1995

CRYPTOGAMIE
Algologie

ANCIENNE REVUE ALGOLOGIQUE
Fondée par P. Allorge et G. Hamel en 1922

Directeur-Rédacteur: P. Bourrelly
Editeur: A.D.A.C. - 12 rue Buffon F-75005 Paris

MANUSCRITS

Les manuscrits doivent être adressés (en 3 exemplaires) à la rédaction de Cryptogamie, Algologie. L'avis d'un lecteur au moins sera requis avant accord pour publication. Bien qu'étant une revue de langue française, les articles rédigés en anglais, allemand, italien et espagnol sont acceptés. Les disquettes de micro-ordinateurs (IBM, IBM compatible et MacIntosh) sont vivement souhaitées. Les recommandations aux auteurs sont publiées dans le fascicule 1 de chaque tome. Les auteurs recevront 25 tirés-à-part gratuits; les exemplaires supplémentaires seront à leur charge.

TARIFS DES ABONNEMENTS Tome 16, 1995

CRYPTOGAMIE comprend trois sections: Algologie, Bryologie-Lichénologie, Mycologie.

Pour une section:	France:	(326 F ht) 332,85 F ttc	Étranger:	357,00 F
Pour les 3 sections:	France:	(918 F ht) 937,28 F ttc	Étranger:	1000,00 F

Paiement par chèque bancaire ou postal à l'ordre de

A.D.A.C. - CRYPTOGAMIE (CCP La Source 34 764 05 S)

adressé à: A.D.A.C. 12 rue Buffon, F-75005 Paris.

CRYPTOGAMIE, Algologie est indexé par *Aquatic Sciences Fisheries Abstracts Part I, Biological Abstracts, Chemical Abstracts, Current Contents, Marine Science Contents Tables (F.A.O.)*, Publications bibliographiques du CNRS (Pascal).

CRYPTOGAMIE

ALGOLOGIE

TOME 16 FASCICULE 2 1995

CONTENTS





UNE NOUVELLE MICROALGUE ROUGE MARINE: *RHODOSORUS MAGNEI* SP. NOV., (RHODOPHYCEAE, PORPHYRIDIALES).

Jacqueline FRESNEL et Chantal BILLARD

Laboratoire de Biologie et Biotechnologies marines (Phycologie), Université de Caen, 14032 - Caen Cedex, France.

RÉSUMÉ - *Rhodosorus magnei* sp. nov., espèce marine isolée des Antilles françaises, est comparée au type du genre, *R. marinus* Geitler 1930. Les deux organismes se distinguent facilement par des critères observables en microscopie optique: couleur et taille des cellules, caractère du plaste. L'ultrastructure des deux espèces est très proche, notamment en ce qui concerne l'organisation du pyrénoïde. La découverte de *R. magnei* porte désormais à deux le nombre d'espèces connues chez *Rhodosorus* . L'étude de leur répartition à ce jour montre que ces algues rouges primitives sont à rechercher dans les eaux chaudes et côtières du globe.

ABSTRACT - *Rhodosorus magnei* sp. nov., a marine species isolated from the West Indies, is compared to the type species of the genus, *R. marinus* Geitler 1930. Both organisms are easily distinguished under the light microscope by their colour, cell sizes and features of the chloroplast. Ultrastructural characteristics are similar in both species, including pyrenoid organization. The discovery of *R. magnei* now brings to two the number of species recognized in the genus *Rhodosorus*. Their distribution shows these primitive rhodophytes inhabit warm and coastal waters of the world.

MOTS-CLÉS - Eaux chaudes, microalgue marine, Porphyridiales, Rhodophyceae, *Rhodosorus*, ultrastructure.

INTRODUCTION

Parmi les Rhodophycées unicellulaires, Porphyridiales *sensu* Garbary *et al.* (1980), rencontrées dans le milieu marin, le genre *Rhodosorus* Geitler est l'un des plus caractéristiques. Au sein des Porphyridiacées dont les cellules ont un plaste muni d'un pyrénoïde, il se distingue aisément par la présence d'un chloroplaste pariétal, lobé, en forme de coupe avec un gros pyrénoïde proéminent. Le genre *Rhodosorus* n'était représenté à ce jour que par l'unique espèce *R. marinus* Geitler décrite à l'origine des Canaries (Geitler, 1930) et observée depuis, toujours dans des eaux assez chaudes: ainsi nous cultivons à Caen deux souches de *R. marinus*, l'une en provenance des côtes syriennes et l'autre de Corse (voir MATÉRIEL ET MÉTHODES). Cette espèce a par ailleurs été examinée à deux reprises en microscopie électronique (Giraud, 1962; Ford, 1984).

En 1987, F. Magne a eu la gentillesse de nous confier une souche de *Rhodosorus*, isolée par ses soins, en provenance des Antilles françaises. Disposant au labora-

toire de cultures de *R. marinus*, nous avons donc eu le loisir de le comparer à l'organisme isolé par F. Magne. Notre but est de démontrer ci-dessous qu'il s'agit d'une espèce distincte, pour laquelle nous proposons l'épithète "*magnei*", en hommage à son découvreur et à sa large contribution à la connaissance des algues rouges.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Rhodosorus magnei sp. nov. (souche n° R-8 de notre algothèque) provient des Antilles françaises (Ile de Saint Barthélémy). La souche a été isolée en 1987 par F. Magne à partir de "capteurs" du dinoflagellé benthique *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo et d'un mélange de diverses microalgues, le tout confié au laboratoire par le Professeur P. Bourdeau. Elle est cultivée à Caen depuis octobre 1987.

Rhodosorus marinus Geitler (souche n° R-1) a été isolé en 1972 à partir d'un prélèvement de *Derbesia* effectué à Lattaquié sur la côte syrienne (H. Mayhoub coll.). Une autre souche de *R. marinus* (n° R-1 bis) récemment isolée au laboratoire (1994) et en provenance de Calvi, Corse (V. Demoulin coll.) a également été utilisée.

Les trois cultures unialgales sont conservées dans le milieu ES-TRIS II (Cosson, 1987), à la lumière du jour et à la température ambiante.

Les observations en microscopie photonique ont été faites à l'aide d'un appareil Leitz Orthoplan équipé d'un système de contraste interférentiel. Les observations en fluorescence ont été réalisées avec un microscope confocal Leica.

Les deux espèces et plus particulièrement *R. magnei* se sont révélées très difficiles à fixer et imprégner pour les études en microscopie électronique. Les meilleurs résultats obtenus l'ont été avec la méthode suivante: fixation par le glutaraldéhyde à 3% dans le tampon cacodylate de Na 0,1 M, à ph 7, 2, additionné de 0,25 M de sucrose (6 h), suivie de trois rinçages prolongés dans le même tampon additionné de concentrations décroissantes de sucrose. Postfixation: OsO4 à 1% dans le tampon cacodylate. Toutes les opérations ont lieu à 4 °C. Les cellules sont ensuite déshydratées et incluses dans l'Epon après des bains de substitution prolongés. Les coupes, réalisées avec un couteau de diamant, ont été contrastées par l'acétate d'uranyle (à 2,5% dans l'éthanol à 50° pendant 30 min) suivi du citrate de plomb. Elles ont été observées au Centre de Microscopie Electronique de l'Université de Caen avec un microscope Siemens (Elmiskop 1A ou 102).

OBSERVATIONS

***Rhodosorus magnei* Fresnel et Billard sp. nov.** (Figs 1a, 2-3, 7, 9-10)

Diagnoses:

- Cellulae globosae 8-10 µm diametro cum spisso strato mucilagino (5-6 µm crasso). Chloroplastus roseus, singularis, cupulatus, ad instar circa denorum loborum parietalium, regulatim dispositorum versus peripheriam cellulae. Pyrenoides centralis, parum angulosus, cum corona granulorum distinctorum amyli.

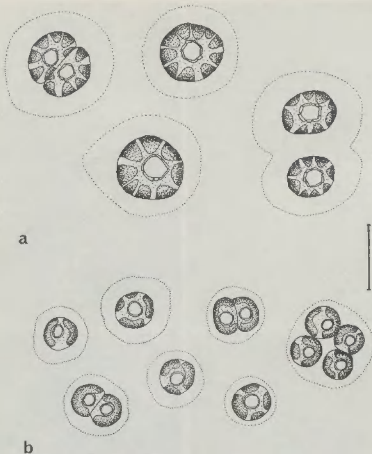


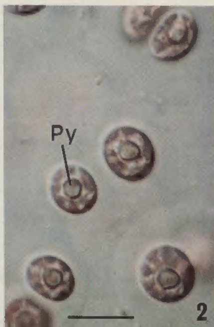
Fig. 1a: *Rhodosorus magnei*. Fig. 1b: *Rhodosorus marinus*. Le trait d'échelle indique 10µm.

- Cellules globuleuses de 8-10 µm de diamètre entourées d'une gelée épaisse (5-6 µm d'épaisseur). Un plaste en coupe rouge clair muni d'une dizaine de lobes pariétaux, régulièrement disposés à la périphérie de la cellule. Pyrénoïde central, légèrement anguleux, entouré d'une couronne de grains de rhodamylon distincts.

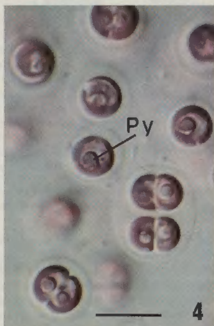
*Localité du type: Ile de St Barthélémy, Antilles françaises.

*Holotype: Fig. 1a.

Rhodosorus magnei forme en culture liquide un tapis non gélatineux, de couleur rouge framboise très caractéristique et de consistence pulvérulente (fig. 6). Observées au microscope photonique, les cellules d'une culture jeune mesurent environ 9 µm de diamètre et sont entourées d'un halo épais (jusqu'à 5-6 µm d'épaisseur) de gelée ferme homogène particulièrement apparente au microscope en contraste interférentiel


Py
2


3


Py
4


5

(fig. 2). Après bipartition (fig. 1a, fig. 2 en haut et à droite et fig. 7), les cellules restent assez longtemps hémisphériques avant de s'arrondir et de se séparer les unes des autres, comme le montre la figure 3 représentant des cellules d'une culture âgée. Chez ces dernières, le halo translucide formant la paroi squelettique est délimitée distalement par un liseré épaissi.

Le chloroplaste de cette espèce est très caractéristique: de couleur rosée assez peu soutenue au microscope, il présente un grand nombre de lobes pariétaux (8 à 11) disposés de manière régulière à la périphérie de la cellule et un pyrénoïde très proéminent, légèrement anguleux, en position pratiquement centrale (figs 1a et 2). Le nombre et la disposition des lobes plastidiaux sont obscurcis dans les cellules âgées riches en rhodamylon (fig. 3) où le décompte devient difficile; de telles cellules où la forme des lobes plastidiaux est mal définie peuvent alors être confondues avec des cellules du genre *Rhodella*. L'observation des cellules au microscope à fluorescence confirme ces caractères du chloroplaste (fig. 7) et la disposition péripherique des lobes plastidiaux.

Le contour du pyrénoïde est souligné par une couronne formée de plusieurs grains de rhodamylon juxtaposés (fig. 1a). A cette couronne s'ajoute dans les cellules senescentes (fig. 3) une multitude d'autres grains de rhodamylon dispersés entre les lobes plastidiaux et le pyrénoïde.

Le volume occupé par l'appareil plastidial fait qu'il est difficile d'observer d'autres organites cellulaires: lorsqu'il est visible, le noyau est en position excentrée (fig. 3, flèche).

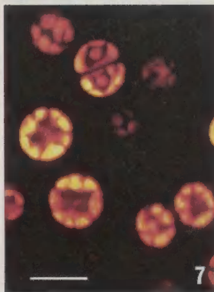
Les résultats préliminaires relatifs aux caractères ultrastructuraux confortent les observations ci-dessus. La figure 9 montre le pédoncule rattachant le pyrénoïde central à l'un des lobes plastidiaux, ainsi que la couronne de grains de rhodamylon extraplastidiaux qui l'entoure; les grains situés entre les lobes du plaste ont une forme plus arrondie. Le stroma du pyrénoïde est parcouru par un petit nombre de thylakoïdes centraux isolés et concentriques (fig. 10). Les lobes plastidiaux montrent une organisation constituée de thylakoïdes parallèles, encerclés par un thylakoïde périphérique (cf. fig. 10). Des phycobilisomes sont présents (non illustré). Les coupes soulignent l'épaisseur de la paroi squelettique chez *R. magnei* qui semble formée de deux couches: la couche proximale très épaisse et d'aspect homogène est surmontée par une fine pellicule distale, plus dense aux électrons (fig. 9).

***Rhodosorus marinus* Geitler** (Figs 1b, 4-5, 8, 11-12)

Les caractères de cette espèce, précédemment étudiée par divers auteurs (Geitler, 1930; Giraud, 1962; Ford, 1984), sont rappelés ici à titre de comparaison avec *Rhodosorus magnei*..

Figs 2-3: *Rhodosorus magnei*. Fig. 2: Cellules jeunes montrant le pyrénoïde central (Py) et les nombreux lobes périphériques du chloroplaste. Fig. 3: Cellules âgées accumulant les grains de rhodamylon; la flèche indique l'emplacement du noyau. Noter l'épaisseur de la gelée entourant les cellules. Figs 4-5: *Rhodosorus marinus*. Fig. 4: Cellules jeunes montrant leur chloroplaste peu lobé avec un pyrénoïde excentré. Fig. 5: Cellules âgées.On remarque la persistance de cellules hémisphériques. Le trait d'échelle indique 10 µm.





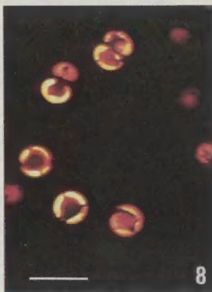


Fig. 6: Aspect des deux espèces en culture, *Rhodosorus magnei* à gauche, *Rhodosorus marinus* à droite. On remarque la différence de couleur entre les deux espèces. Figs 7-8: Cellules observées en fluorescence au microscope confocal. Fig. 7: *Rhodosorus magnei*. Fig. 8: *Rhodosorus marinus*. Les différences entre les deux espèces sont apparentes, en ce qui concerne la taille des cellules et le nombre de lobes plastidiaux. Noter dans les deux cas la présence caractéristique de cellules hémisphériques. Le trait d'échelle indique 10µm.

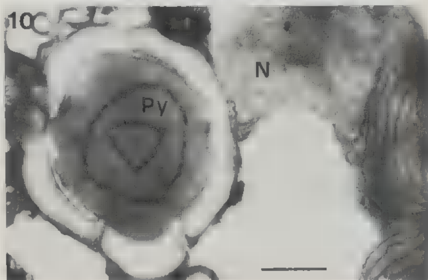
Les cultures de *R. marinus* ont le même aspect général que celles de *R. magnei*, mais leur couleur à l'oeil nu est très différente: celles de *R. marinus* (fig. 6, à droite) sont nettement plus foncées, d'un rouge vineux, que nous qualifions de rouge cassis par opposition aux cultures de *R. magnei*. Cette différence de couleur entre les deux espèces est confirmée par les observations en microscopie photonique: comparer les cellules des figures 2 *(R. magnei)* et 4 *(R. marinus)* photographiées successivement au même grandissement et dans les mêmes conditions d'éclairage. Ces deux figures montrent également la taille plus modeste des cellules de *R.marinus* (4-6 µm de diamètre) entourées d'une couche de gelée moins épaisse (1-2 µm) mais soulignée par un liseré distal plus net. En règle générale, les cellules de *R. marinus* sont plus arrondies, mais là encore des individus hémispheriques persistent après division; chez cette espèce on notera que les cellules ont tendance à rester groupées, par 2 ou 4, au sein d'une enveloppe commune (figs 1b et 4) et ce même dans les cultures âgées (fig. 5).

Outre sa couleur, le chloroplaste de *R. marinus* se distingue par des lobes plastidiaux pariétaux nettement plus réduits en nombre: de 2 à 4 lobes (figs 1b, 4), chiffre confirmé par l'observation des cellules en fluorescence (fig. 8). Le pyrénoïde est moins central que chez *R. magnei:* il est situé au coeur de la coupe formée par le chloroplaste. La couronne de rhodamylon entourant le pyrénoïde est plus régulière et les grains constitutifs peu apparents (fig. 4), mais les coupes ultrafines montrent 3 ou 4 grains de rhodamylon étroitement jointifs autour du pyrénoïde de *R. marinus* (fig. 11). La figure 12 qui présente un détail d'un lobe plastidial confirme l'organisation précédemment observée chez le genre *Rhodosorus*, à savoir l'existence de thylakoïdes parallèles entourés par un thylakoïde périphérique. Contrairement à l'affirmation de Ford (1984), des phycobilisomes (fig. 12, flèche) sont bien présents, situés de part et d'autre des thylakoïdes. Le pyrénoide de *R. marinus* semble parcouru par peu de thylakoïdes centraux (fig. 11). Le noyau est en position excentrée (fig. 11) comme chez *R. magnei*.

La paroi squelettique est moins développée chez *R. marinus*, mais présente également deux couches morphologiquement distinctes: une couche proximale compacte et une couche distale, plus dense aux électrons, formée de fibres plus grossières, d'aspect irrégulier (figs 11 et 12). Cette couche distale, bien apparente en miscroscopie photonique, semble pouvoir se desquamer facilement: elle est comparativement très réduite chez *R. magnei*.

DISCUSSION

La nouvelle Rhodophycée marine unicellulaire isolée par F. Magne constitue à l'évidence une nouvelle espèce du genre *Rhodosorus* Geitler. *Rhodosorus magnei* est proche du type *R. marinus* mais s'en distingue aisément par la taille des cellules et l'épaisseur de la paroi qui les entoure, mais surtout par les caractères du plaste. Outre des différences de couleur très apparentes, nous avons montré que le chloroplaste de *R. magnei* présente un nombre de lobes plastidiaux nettement plus élevé et que ceux-ci sont très régulièrement disposés à la périphérie des cellules. En outre, le pyrénoïde central de *R. magnei* est cerné par une couronne de rhodamylon constituée de grains plus apparents, en microscopie photonique, que chez *R. marinus*. L'ultrastructure des


10
N
Py

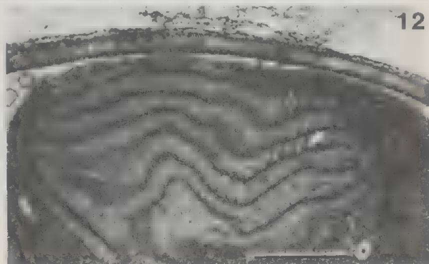
deux organismes est très voisine, les différences notées étant pratiquement celles qui peuvent être observées en microscopie photonique.

Nous avons eu de grandes difficultés à fixer et imprégner les deux espèces de *Rhodosorus*: ces difficultés sont vraisemblablement dues à la nature chimique et à la consistance de la paroi squelettique de ces algues. Contrairement à d'autres Porphyridiales, tels les genres *Porphyridium* Nägeli, *Rhodella* Evans ou *Dixoniella* Scott *et al.* où la paroi squelettique est mucilagineuse et relativement fluide, celle de *Rhodosorus* est compacte et coriace. Les cellules de *Rhodosorus* sédimentent naturellement en culture en formant des aggrégats et cette tendance à l'autofloculation, déja exploitée chez *R. marinus*, permet d'envisager de l'utiliser en biotechnologie, pour l'extraction de la phycoérythrine (Dupré *et al.*, 1995). *R. magnei* possède apparemment les mêmes propriétés.Une étude de la composition chimique de la paroi de *R. marinus* a d'ailleurs montré que celle-ci est globalement constituée d'un xylane dépourvu de radicaux sulfatés, contrairement aux polysaccharides complexes sulfatés des parois des autres Porphyridiales étudiées (Medcalf *et al.*, 1981). Bien qu'incomplètes, nos observations en microscopie électronique ont néanmoins démontré l'existence chez *Rhodosorus* de phycobilisomes typiques des algues rouges. Ford (1984), qui n'avait pas réussi à les observer, insistait sur leur absence chez *R. marinus:* celle-ci est imputable soit au protocole de fixation soit à des conditions de culture défavorables, un éclairement trop faible par exemple. La lumière est, en effet, un paramètre susceptible d'affecter l'ultrastructure des chloroplastes des algues rouges (Lüning & Schmitz, 1988).

Un caractère ultrastructural important, observé par Ford (1984) et que nous confirmons ici, est l'existence d'un thylakoide péripherique ou enveloppant visible dans les lobes plastidiaux de *Rhodosorus*. Ce caractère est d'ailleurs un de ceux permettant de séparer *Rhodosorus* de *Rhodella*, une autre Porphyridiacée. Les cellules de *Rhodosorus magnei*, surtout les cellules âgées, présentent en effet des convergences de forme avec deux espèces de *Rhodella* à plastes rouges, *R. maculata* Evans et *R. violacea* (Kornmann) Wehrmeyer: ces deux espèces, comme toutes celles du genre *Rhodella* ont des plastes de type focal, multilobés et dépourvus de thylakoïde périphérique (Patrone *et al.*, 1991; Billard & Fresnel, 1986). De plus, *Rhodella maculata* et *Rhodella violacea*, espèces par ailleurs très proches, présentent des prolongements nuclaires au sein du pyrénoïde dont le stroma est totalement dépouvu de thylakoïdes. L'absence de ces caractères ainsi que la présence d'un thylakoïde périphérique sont parmi les raisons qui ont conduit Scott *et al.* (1992) à créer le genre *Dixoniella* pour l'espèce atypique *Rhodella grisea* (Geitler) Fresnel *et al.* (Fresnel et al., 1989). Le pyrénoïde de *D. grisea* est par ailleurs traversé de nombreux tylakoïdes convolutés.

Figs 9-10: *Rhodosorus magnei*. Fig. 9: Coupe montrant le pyrénoïde central (Py) relié à l'un des nombreux lobes plastidiaux (P) par un pédoncule (flèche); le pyrénoïde est entouré d'une couronne de grains anguleux de rhodamylon; noter l'épaisseur de la paroi squelettique avec son liseré distal peu apparent. Le trait d'échelle indique 1 µm. Fig. 10: Détail d'une coupe avec un pyrénoïde sectionné transversalement montrant des thylakoïdes centraux concentriques; le noyau (N) est excentré. Le trait d'échelle indique 10 µm.


11
P
N
Py
N
P


12

Selon Magne (1989), l'existence d'un thylakoïde périphérique dans les plastes des algues rouges doit être interprétée comme un caractère évolué. Il est intéressant de noter que chez les Porphyridiacées unicellulaires examinées au niveau ultrastructural, seuls les genres *Rhodosorus* et *Dixoniella* possèdent ce caractère ce qui autoriserait à les considérer parmi les genres les plus évolués au sein des Archeorhodophycidae *sensu* Magne. L'hypothèse de Lee (1974) présentant *Rhodosorus* comme l'algue rouge la plus primitive en raison des similitudes d'aspect de son chloroplaste avec celui des Cryptophyceae est aujourd'hui totalement abandonnée (Gabrielson *et al.*,1985).

Concernant la répartition des espèces du genre *Rhodosorus*, celles-ci montrent une nette préférence pour les eaux néritiques chaudes, voir tropicales. *R. marinus* est une espèce cosmopolite qui a été signalée dans l'Atlantique Nord, îles Canaries (Geitler, 1930) et Keys de Floride (Ott, 1967); dans le Pacifique Nord, îles Hawaii (West, 1969) et en Méditerranée, Banyuls (Giraud, 1958), Corse (obs. personnelles) et Syrie (Fresnel, 1986). Elle est vraisemblablement présente également dans l'Adriatique (cf. Ott, 1967). Quant à *R. magnei*, nous avons indiqué qu'il provient de l'île St. Barthélémy, située au Nord de la Guadeloupe. Elle ne semble pas avoir été confondue jusqu'ici avec une autre algue rouge unicellulaire, mais West (1969) rapporte avoir examiné deux souches de *R. marinus* en provenance des îles Hawaii: l'une (de Coconut Island) est conforme au type et illustrée par la figure 9 de West (1969) et l'autre (de Waikiki Beach) est légèrement différente, selon lui, avec un chloroplaste à lobes "contortés" et plus nombreux que dans la souche précédente. Il n'est donc pas impossible que les deux espèces de *Rhodosorus* co-existent dans le Pacifique.

Au niveau écologique, il est clair que *Rhodosorus* est un genre strictement marin qui ne supporte pas une dessalure trop importante (Giraud, 1958; Ott, 1967). Ainsi certains biotopes euryhalins telles les mangroves des régions tropicales, particulièrement riches en Rhodophycées unicellulaires comme le signalent Hara *et al.*(1993), ne comportent aucun *Rhodosorus*. Ces auteurs expliquent la présence d'autres Porphyridiales par leurs adaptations physiologiques: phototactisme en rapport avec une relative motilité cellulaire (mouvements amiboïdes ou glissements). Nous n'avons jamais observé de telles propriétés chez les deux espèces de *Rhodosorus*.

Dans la nature, les *Rhodosorus* sont des algues épiphytes et à quatre reprises, *R. marinus* a été signalé à partir du même type de support (macroalgues, vertes le plus souvent) et accompagné de pratiquement le même cortège floristique de Chrysophycées et d'Haptophycées: "Siphonale" avec notamment *Sarcinochrysis marina* Geitler et *Platychrysis pigra* Geitler aux Canaries (Geitler, 1930); Siphonocladales avec *S. marina* et deux coccolithophorides des genres *Ochrosphaera* Schussnig et *Cruciplacolithus* Hay et Mohler aux îles Hawaii (West, 1969); Derbesiale avec *S. marina, P. pigra*

Figs 11-12: *Rhodosorus marinus*. Fig. 11: Cellule sectionnée transversalement montrant le pyrénoïde (Py) entouré de rhodamylon et de quatre lobes plastidiaux (P); le noyau excentré (N) et un profil mitochondrial (M) sont visibles; noter la paroi squelettique formée de deux couches distinctes. Le trait d'échelle indique 1 µm. Fig. 12: Détail d'un lobe plastidial montrant l'existence d'un thylakoïde périphérique et de thylakoïdes centraux parallèles et garnis de phycobilisomes (flèches). Le trait d'échelle indique 0,5 µm.

et les mêmes coccolithophorides en Syrie (Fresnel, 1986); Sphacélariale avec *S. marina*, *P. pigra*, *Ochrosphaera* etc... en Corse (obs. personnelles). La Chrysophycée observée chaque fois, *S. marina* est une variété, var. *filamentosa* Billard, caractéristique des eaux chaudes (Billard,1988). Quant à *Rhodosorus magnei*, les prospections ultérieures permettront de préciser si cette espèce est uniquement inféodée aux biotopes tropicaux ciguatérigènes à *Gambierdiscus toxicus*.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement M. Frédéric Lenoir de la Société Leica pour les clichés réalisés [redacted] microscope confocal ainsi que Michel Fresnel pour la réalisation des dessins au trait.

BIBLIOGRAPHIE

BILLARD C., 1988 - Les Sarcinochrysidales des côtes françaises. *Bull. Soc. linn. Normandie* 110-111: 61-69.

BILLARD C. & FRESNEL J., 1986 - *Rhodella cyanea* nov. sp., une nouvelle Rhodophyceae unicellulaire. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.*. t. 302, série III, 7: 271-276.

COSSON J., 1987 - Croissance des sporophytes résultant d'hybridations interspécifiques et intergénériques chez les Laminariales. *Cryptogamie, Algol.* 8: 61-72.

DUPRE C., GUARY J. C. & GRISEAU D., 1995 - Culture of an autoflocculent microalga in a vertical tubular photobioreactor for phycoerythrin production. *Biotechnology Techniques*, Vol. 9, 3: 185-190.

FORD T.W., 1984 - A comparative ultrastructural study of *Cyanidium caldarium* and the unicellular red alga *Rhodosorus marinus*. *Annals of Bot.* 53: 285-294.

FRESNEL J., 1986 - Nouvelles observations sur une Coccolithacée rare: *Cruciplacolithus neohelis* (McIntyre & Bé) Reinhardt (Prymnesiophyceae). *Protistologica* 22: 193-204.

FRESNEL J., BILLARD C., HINDAK F. & PEKARKOVA B., 1989 - New observations on *Porphyridium griseum* Geitler = *Rhodella grisea* (Geitler) comb. nova (Porphyridiales, Rhodophyceae). *Pl. Syst. Evol.*. 164: 253-262.

GABRIELSON P.W., GARBARY D.J. & SCAGEL R.F., 1985 - The nature of the ancestral red alga: inferences from [redacted] cladistic analysis. *Biosystems* 18: 335-346.

GARBARY D.J., HANSEN G.I. & SCAGEL R.F., 1980 - A revised classification of the Bangiophyceae (Rhodophyta). *Nova Hedwidgia* 33: 145-166.

GEITLER L., 1930 - Ein grünes Filarplasmodium und andere neue Protisten. *Arch. f. Protistenk.* 69: 615-636.

GIRAUD G., 1958 - Sur la vitesse de croissance d'une Rhodophycée monocellulaire marine, le *Rhodosorus marinus* cultivé en milieu synthétique. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.* t. 246: 3501-3504.

GIRAUD G., 1962 - Les infrastructures de quelques algues et leur physiologie. *J. Microscopie* 1: 251-274, pl. 1-10.

HARA Y., ISHIDA K., TSUNAKAWA A. & HATAKEYAMA N., 1993 - Unicellular red algae in mangroves and related environments: their taxonomy and distribution. *Jap. J. Phycol.* (Sôrui) 41: 382-383.

LEE R.E., 1974 - Chloroplast structure and starch grain production as phylogenetic indicators in the lower Rhodophyceae. *Brit. phycol. J.* 9: 291-195.

LÜNING K. & SCHMITZ K., 1988 - Dark growth of the red alga *Delesseria sanguinea* (Céramiales): lack of chlorophyll, photosynthetic capability and phycobilisomes. *Phycologia* 27 (1): 72-77.

MAGNE F., 1989 - Classification et phylogénie des Rhodophycées. *Cryptogamie, Algol.* 10: 101-115.

MEDCALF D.G., BRANNON J.H., SCOTT J.R., ALLEN G.G., LEWIS J. & NORRIS R.E., 1981 - Polysaccharids from microscopic red algae and diatoms. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 8: 582-588.

OTT F.D., 1967 - *Rhodosorus marinus* Geitler: a new addition to the marine algal flora of the western hemisphere. *J. Phycol.* 3: 158-159.

PATRONE L.M., BROADWATER S.T. & SCOTT J.L., 1991 - Ultrastructure of vegetative and dividing cells of the unicellular red algae *Rhodella violacea* and *Rhodella maculata*. *J. Phycol.* 27: 742-753.

SCOTT J.L., BROADWATER S.T., SAUNDERS B.D. & THOMAS J.P., 1992 - Ultrastructure of vegetative organization and cell division in the unicellular red alga *Dixoniella grisea* gen. nov. (Rhodophyta) and a consideration of the genus *Rhodella*. *J. Phycol.* 28: 649-660.

WEST, J. A., 1969 - Observations on four rare microalgae from Hawaii. *Phycologia* 8: 187-192.

GYRODINIUM CORSICUM NOV. SP. (GYMNODINIALES, DINOPHYCÉES), ORGANISME RESPONSABLE D'UNE «EAU VERTE» DANS L'ETANG MARIN DE DIANA (CORSE), EN AVRIL 1994.

Gérard PAULMIER [1], Brigitte BERLAND [2], Chantal BILLARD [3]
et Elizabeth NEZAN [4]

(1) IFREMER - Place du Séminaire, B.P. 7 - 17137 L'Houmeau
(2) CNRS, Station Marine d'Endoume - Rue de la Batterie des Lions
F 13007 - Marseille
(3) Laboratoire de Biologie et Biotechnologies marines
Université de Caen - Esplanade de la Paix - 14032 - Caen Cedex.
(4) IFREMER - 13, rue de Kérose - Le Roudouic
29900 Concarneau

RÉSUMÉ - En avril 1994, une «eau verte» s'est développée dans l'étang de Diana, en Corse. L'organisme responsable a été rapporté à l'ordre des Gymnodiniales (famille des Gymnodiniaceae) et décrit comme une espèce nouvelle sous le nom de *Gyrodinium corsicum*. Sa place dans le genre *Gyrodinium* est justifiée par le décalage cingulaire supérieur au 1/5 de sa longueur totale. Des notions sur son écologie sont apportées ainsi que sur les conséquences de son efflorescence dans un milieu relativement confiné où prospèrent des exploitations aquacoles. Une éventuelle toxicité de l'organisme n'est pas avérée. L'espèce est comparée avec d'autres Gymnodiniales morphologiquement voisines dont elle [redacted] distingue par des caractères particuliers, notamment l'aire sulcale, le pore ventral gauche et l'ornementation du plasmalemme.

ABSTRACT - In April 1994, [redacted] green water [redacted] developped in the salt-water lake of Diana in Corsica. The organism responsible is attributed to the order Gymnodiniales (family Gymnodiniaceae) and described as a new species under the name *Gyrodinium corsicum*. Its place in the genus *Gyrodinium* is justified by the girdle displacement greater the 1/5 of its total length. Informations on its ecology [redacted] given, along with consequences of its proliferation in a relatively confined environment where seafarming flourishes. The possible toxicity of the organism was not confirmed. The species is compared with other morphologically close Gymnodiniales from which it differs by particular features, namely the sulcal region, the left ventral pore and plasmalemma ornamentation.

MOTS-CLÉS - *Gyrodinium corsicum* nov. sp., Gymnodiniale, Dinophycée, «eau verte», étang marin, Corse, systématique, écologie.

KEY WORDS - *Gyrodinium corsicum* nov. sp., Gymnodiniale, Dinophycean, «green water», salt water lake, Corsica, systematic, ecology.

INTRODUCTION

Les étangs littoraux de Diana et d'Urbino, en Corse orientale, sont fréquemment le théâtre d'efflorescences phytoplanctoniques exceptionnelles, aux conséquences parfois néfastes pour leur économie. Si les ressources halieutiques ne sont que faiblement exploitées, en revanche l'aquaculture avec ses deux volets conchylicole et piscicole, y est relativement prospère.

Ces deux étangs d'origine tectonique, et dont la profondeur atteint 11 mètres à Diana, communiquent avec la mer ouverte par [redacted] chenal, ou grau, formant un seuil entre le milieu marin et le domaine paralique. Son niveau, donc son fonctionnement, conditionne en partie l'écologie des étangs en modifiant l'intensité des échanges avec la mer. Durant les périodes où le grau est encombré, le renouvellement des eaux des étangs est réduit, et celles-ci tendent nettement au confinement. A ces moments, en fonction des conditions climatiques établies, l'écosystème paralique peut être plus ou moins perturbé.

Les variations du taux de renouvellement des eaux dans les étangs, créent des situations susceptibles de favoriser, selon les cas, des crises dystrophiques du type «malaigue» (Tournier *et al.*, 1981), ou d'induire des efflorescences phytoplanctoniques inaccoutumées, parfois dominées par les Dinophycées (Anonyme, 1982; Paulmier, 1986). Subséquemment, ou simultanément, des mortalités d'animaux aquatiques peuvent apparaître.

Ces dernières années, plusieurs efflorescences phytoplanctoniques anormales ont été signalées dans ces deux étangs, notamment à Diana (Fig. 1). Elles occasionnent parfois des colorations prononcées de l'eau. Les organismes responsables de ces phénomènes appartiennent le plus souvent à la classe des Dinophycées, notamment aux Prorocentrales qui épisodiquement provoquent des «eaux brunes», en particulier *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller, communes dans les étangs littoraux corses, et aux Gymnodiniales qui selon les espèces, donnent une couleur brune ou verte à la mer lorsqu'elles prolifèrent d'une manière exceptionnelle.

C'est le cas notamment, d'une population d'une Gymnodiniale qui s'est développée dans l'étang de Diana au mois d'avril 1994, provoquant durant quelques jours une importante «eau verte». L'efflorescence qui semble avoir débuté dans les premiers jours d'avril, a eu son maximum d'amplitude après le 10 avril. Le phénomène a perduré jusqu'au 18 du même mois et la durée totale a été d'environ 3 semaines. Par ses principaux caractères morphologiques, son materiel pigmentaire et son écologie, ce taxon, qui n'a pu être rapporté à aucun autre connu, est décrit comme nouvelle espèce.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des échantillons recueillis lors de cette dernière efflorescence ont servi à l'étude de l'organisme, au suivi de son évolution dans l'étang ainsi qu'à la réalisation de tests de toxicité sur les élevages de poissons et à la recherche de toxines propres à l'organisme.

Pour son analyse systématique, cet organisme microplanctonique, a fait l'objet d'observations en microscopie photonique jusqu'à l'immersion, à l'aide d'un microscope NIKON équipé de la combinaison optique 10 x 100; en microscopie interférentielle

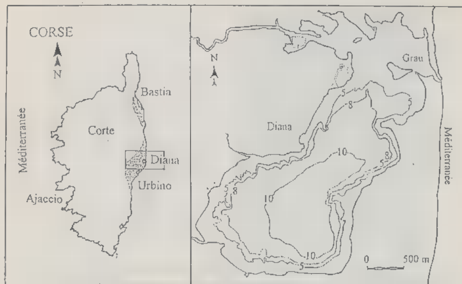


Fig. 1. - L'étang marin de Diana, en Corse orientale.
Fig. 1 - The salt water lake of Diana, in eastern Corsica.

pour une partie de l'organisation interne avec un appareil LEITZ Orthoplan; et en microscopie électronique à balayage (MEB) pour l'ultrastructure externe. Pour cette dernière technique, les échantillons ont été filtrés sur membrane Nucleopore, rincés à l'eau pure puis déshydratés dans des bains successifs d'éthanol (30, 50, 70%, absolu). L'échantillon est collé sur un plot, passé au point critique puis métallisé à l'or avant observation.

Toutes les observations ont été faites sur du matériel fixé au lugol.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Description de l'organisme

L'examen en microscopie photonique a permis d'obtenir une description correcte des principaux caractères morphologiques de l'espèce, notamment du complexe cingulo-sulcal, de la présence et de l'extension de la gouttière apicale, de l'épaisseur du cortex cellulaire et une approche de la structure externe de l'amphiesma (Fig. 3 a-f). Il est d'ailleurs noté par Takayama (1985), que la gouttière apicale chez plusieurs espèces de Gymnodiniales est visible en microscopie photonique en observant attentivement les spécimens étudiés sous divers angles. Ces premiers travaux ont permis de rapporter ce dinoflagellé au genre *Gyrodinium*, principalement en raison du décalage de la ceinture supérieur au 1/5 de la longueur totale (LT, correspondant également à sa hauteur). Les

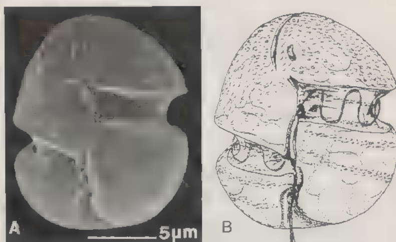


Fig. 2. - *Gyrodinium corsicum* nov. sp., holotype. A -Photographie. B.- Même exemplaire dessiné d'après photographie.
Fig. 2 - *Gyrodinium corsicum* nov. sp., holotype. A. - Photograph. B. - Same specimen drawed after the photograph.

autres détails cytologiques taxonomiques, ont été fournis par les travaux [redacted] MEB (Fig. 2 et 4) ou en microscopie interférentielle (Fig. 5 a-c).

***Gyrodinium corsicum* nov. sp.**

Cellula nuda, ovoïdis lineamentis interruptis cinguli constrictione, nequaquam dorsiventraliter complanata. Epiconus et hypoconus paene aequales, prope in ordinem dispositi. Apex et antapex convexi. Cingulum latum, cavum, sinistra parte delapsa, incondite corrugatum, in longitudinem permeatum duabus ordinibus micro-pustularum, ordine summa minime longe a superiore cinguli margine, ordine ima prope marginem inferiorem. Cingulum amotum circiter tertia parte totius longitudinis. Sulcus patulus in infima parte, angustior ad cinguli junctionem. Quaedam patella angusta inter latus inferius dextrum epiconi et latus superius sinistrum hypoconi, exclusa ab hoc linea suturae. Sulcus habet dejectionem et sinum subjacentem in sinistra hypoconi margine. Sulcus extensus in brevem lineam et obliquam directo ad epiconum. Canaliculus apicalis conclusus in 1/3 anteriore dorsuali et ventraliter sine junctura cum sulco, sed pronus in eum. Amphiesma pingue et granosum, laevius in hypocono ubi microprocessus specie pustuloso disponuntur in duabus lineis parallelis, superiore linea plane subter latus cinguli. Adest rima reniformis, similis grandis pori in latere ventrali sinistro epiconi, non longe [redacted] base curvata apicalis canaliculi. Nucleus in medio. Circiter 15 chloroplasti dispersi in circuitu. Capsula assurgere potest.
Longitudo: 17 - 24 µm. Latitudo: 12 - 16 µm
Holotypus: Figura 2 A, B.

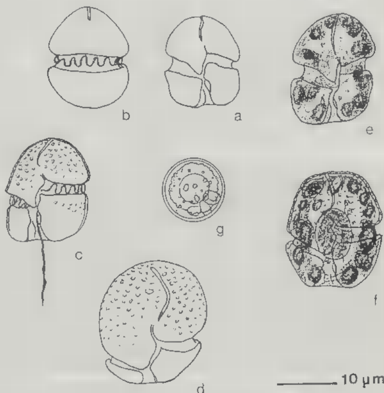
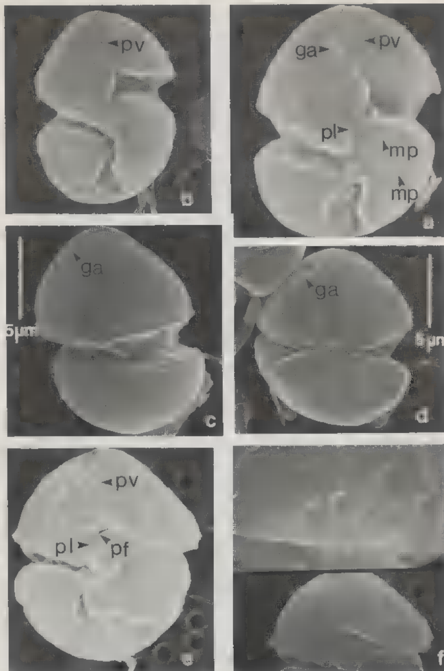


Fig. 3 a-g. - *Gyrodinium corsicum*, d'après les observations faites en microscopie photonique. Outre la forme générale, plusieurs caractères sont visibles: la gouttière apicale, les processus superficiels, l'épaisseur de l'amphiesma.
Fig. 3 a-g - *Gyrodinium corsicum*, from observations carried out with light microscopy. In addition to general shape, many features are conspicuous: apical groove, superficial processes, thickness of amphiesma.

Locus typicus: 9°34' E, 42°08' N. Stagnum Dianae, Cyrnos, Tyrrhenum et Mediterraneum mare.

Diagnosis

Cell naked, shape ovoid except for the cingular constriction, not flattened. Epicone and hypocone about equal in size, almost symetrically disposed. Apex and


pv
ga
pv
pl
mp
mp
ga
5µm
ga
5µm
c
d
pv
pl
pf
f

antapex convex. Girdle deep and wide, descending in a left spiral, roughly pleated, with two longitudinal rows of micro-pustules, the upper row just below the upper edge of the cingulum, the lower row running along its inferior edge. Girdle displaced about 0.32 - 0.34 of total body length. Sulcus widened at the base, narrowing at the cingular junction. A narrow "platelet" between the lower right side of the epicone and the upper left side of the hypocone and separated from the latter by a suture. Sulcus with a displacement and an underlaying fold on the left side of the hypocone; sulcus extending as a narrow slit onto the epicone. A apical groove present ending dorsally in the upper third of the cell and ventrally without connection with the sulcus but directed toward it. Amphiesma thick and granular, smoother on the hypocone where pustular micro-processes are arranged in two parallel rows, the upper row running just below the cingular edge. A kidney-shaped openning, interpreted here as a large pore, located on the ventral side of the epicone, close to the curved base of the apical groove. Nucleus central. About 15 peripherical chloroplasts. Cysts probably present.
Dimensions: length 17 - 24 µm; width 12 - 16 µm

Holotype: figure 2 A, B.

Type locality: 9°94' E - 42°08' N. Salt-water lake of Diana, Corsica, Tyrrhenian sea, Mediterranean sea.

Petite gymnodiniale nue, à contour ovoïdal interrompu par la constriction cingulaire, sans aplatissement dorso-ventral ou alors peu accentué. Episome et hyposome sub-égaux, de volume à peu près équivalent, presque symétriquement opposés. Apex hémisphérique ou avec une légère tendance conique, antapex convexe ou faiblement aplati, peu ou pas échancré (Fig. 3 et 4).

Cingulum cavizone, senestre descendant, grossièrement plissé verticalement et dont l'écartement des deux bords se situe entre 0,16 et 0,20 LT. Bord supérieur anguleux, abrupt et légèrement en surplomb; bord inférieur plus arrondi. La ceinture est parcourue dans le sens longitudinal par deux rangées de micro-pustules apparemment disposées sans ordre précis, le rang du haut placé en retrait du bord supérieur, celui du bas longeant le bord inférieur du cingulum (Fig. 2, 4 a-c). Le pore flagellaire transversal est placé tout près du côté droit de l'épisome qui limite le cingulum à la base du sillon épisomique. Chez plusieurs individus fixés au lugol, le flagelle transversal s'est désolidarisé de la cavité cingulaire et apparaît comme un filament spiralé, plus ou moins fibrilleux. La distance entre le bord supérieur gauche du cingulum et son bord inférieur droit, se situe entre 2,4 et 2,88 fois sa largeur moyenne. Le décalage de la ceinture par rapport à la longueur totale, varie de 0,32 à 0,34, soit dans des limites très

---

Fig. 4 a - f. - a, b, e, f: vue ventrale; c: vue latérale; d: vue latéro-dorsale; f: structure superficielle grossie (encadré). Flèches: ga = gouttière apicale: mp = microprocessus hyposomiques sur 2 rangs parallèles; pf = pore flagellaire; pl = «plaquette ventrale»; pv = pore ventral. (Photographies B. Berland).

Fig. 4 a, b, e, f: ventral view; c: lateral view; d: latero-dorsal view; f: magnified superficial structure (frame). Arrows: ga = apical groove; mp = hyposomic microprocesses in two parallel rows; pf.: flagellar pore; pl = «ventral small plate»; pv = ventral pore.

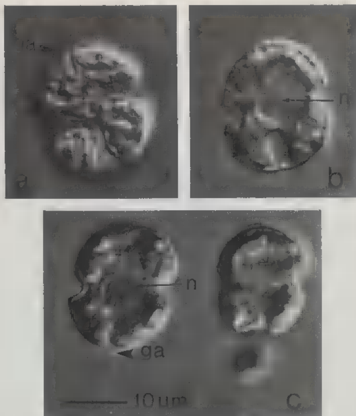


Fig. 5 a-c. - *Gyrodinium corsicum* observé en microscopie interférentielle, montrant les chloroplastes. Flèches: ga = gouttière apicale, n = noyau. (Photographies C. Billard).
Fig. 5 - *Gyrodinium corsicum* observed with interference light microscopy showing chloroplasts. Arrows: ga = apical groove; n = nucleus.

supérieures [redacted] 1/5 de LT. Ce caractère permet de placer, pour le moment, cette Gymnodiniale dans le genre *Gyrodinium* [redacted] dépit de son côté artificiel (Kimball & Wood, 1965; Dodge, 1984; Sournia, 1986).

Le sillon ventral est relativement resserré entre les deux extrémités du cingulum. Il forme une structure ayant l'apparence d'une plaque étroite, séparée de l'hyposome à gauche par une fine suture et de l'épisome à droite par un repli bordé de processus pustuleux. Le pore du flagelle longitudinal, rubanné spiralé, paraît situé à la base de cette « pseudo-plaquette », au fond de la cavité sulcale. Cette partie du sulcus est réduite à une simple fente chez quelques individus, la suture gauche étant à peine visible. Chez certaines cellules, apparaît une formation qui pourrait correspondre à un pédoncule ventral. Toutefois, un tel organite n'a pas été formellement vu. Le sulcus se prolonge sur l'épisome par une courte rainure profonde, obliquement disposée vers la

droite par rapport à l'axe apical ou antéro-postérieur, avec lequel elle forme un angle variant entre 40 et 45°. Sur l'hyposome, le sulcus est amplié, profondément excavé dans sa partie antérieure. Le côté gauche peut présenter un décrochement plus ou moins accentué, avec un pli sous-jacent (Fig. 2, 4 & 5).

L'appareil sulcal est prolongé sur l'épisome par une gouttière apicale qui ne semble pas avoir de connection directe avec l'extrémité antérieure du sulcus, les terminaisons de ces deux organites étant plus ou moins lacunaires (Fig. 2, 4 a,b). La gouttière apicale, aux bords finement carénés, commence ventralement à proximité du sillon épisomique, passe par le vertex et s'arrête dans le 1/3 supérieur dorsal. En vue faciale, elle s'incline vers la partie oblique du sulcus sans le joindre. Il y a cependant des cas où la liaison entre la gouttière et le sulcus est presqu'assurée (Fig. 4e). Dans d'autres cas, ces deux sillons courent parallèlement sur une petite distance (Fig. 4b). La nature du plancher de la gouttière apicale n'a pu être déterminée.

L'amphiesma, d'aspect granuleux, est relativement solide. Il résiste bien aux agents fixateurs comme le lugol et même au formol jusqu'à des concentrations voisines de 200 ppm, contrairement à la plupart des autres espèces du même groupe qui, sous l'action des fixateurs se lysent ou se déforment jusqu'à devenir indiscernables. Le cortex cellulaire des Dinophycées, assez complexe (Dodge & Crawford, 1970; Kalley & Bisalputra, 1971; Borcakli 1981), est constitué de plusieurs couches de nature différente (Netzel & Dürr, 1984). Chez cette espèce, la couche vésiculaire où se forment les plaques des espèces cuirassées, sous-jacente au plasmalemme et à la fine couche cytoplasmique périphérique, pourrait contenir du materiel relativement solide (Dodge, 1984; Spector, 1984), ce qui éviterait aux cellules de s'affaisser lors de la fixation.

A l'examen en microscopie photonique, l'épaisseur de l'amphiesma est nettement perceptible. Selon les individus, elle est de l'ordre de 0,5 à 0,7 µm. Cela est probablement dû à l'importance de la couche vésiculaire. La nature tourmentée de la membrane externe de l'amphiesma sur l'épisome est également bien visible en MP, quoique d'interprétation difficile. L'observation en MEB montre que la surface est formée d'un relief fait de structures légèrement bosselées plus ou moins aplaties sommitalement, avec le bord externe largement arrondi, en arc de cercle, et surplombant de petites dépressions caviteuses ou cratériformes, irrégulièrement arrangées, donnant à l'ensemble un aspect lunaire (Fig. 4f). Quelques poroïdes sont disséminés sur l'épisome, notamment au-dessus du cingulum.

A noter sur le côté ventral gauche, au-dessus du sillon sulcal et près de la base incurvée de la gouttière, la présence d'une ouverture réniforme, pouvant être assimilée à un gros pore, tantôt largement béante (Fig. 2, 4a), tantôt réduite à une simple fente (Fig. 4b, e). Il est possible que ce « pore » puisse être ouvert ou fermé par l'organisme en fonction de circonstances à déterminer.

Le plasmalemme est plus lisse sur l'hyposome. Il porte une structure caractéristique, constituée de micro-processus d'aspect pustuleux, parfois contigus à de petites dépressions, disposées sur deux rangées parallèles joignant les côtés opposés et décalés de l'hyposome bordant le sulcus. Le premier rang longe le bord inférieur du cingulum, le second est situé presque médialement sur l'hyposome. Leur écartement est entre les 2/3 et les 4/5 de la largeur du cingulum.

Ces premiers travaux n'ont pas permis de déceler des écailles sur l'amphiesma.

L'organisation interne a été moins bien définie. Le noyau non enfermé dans une capsule périnucléaire, est relativement volumineux, son diamètre varie de 8 à 10 µm selon la taille des cellules, et occupe une position centrale. Il semblerait comporter quelques inclusions nucléiques (Fig. 5b), et posséder une micro-structure chromosomique périphérique, disposée radialement, rappellant les micro-filaments nucléaires observés par Stone & Vesk (1982) chez *Gymnodinium sanguineum* Hirasaka (= *G. splendens* Lebour).

Les examens en microscopie interférentielle et en MP, ont montré la présence de matériel pigmentaire coloré en vert, rapporté à des chloroplastes, d'aspect variable, parfois assez allongés, bien individualisés, dont le nombre serait environ de 15, répartis à la périphérie, 6 dans l'épicône et un peu plus dans l'hypocône. La nature des pigments n'a pas été analysée et il n'a pas été vu de pyrénoïde. La présence de matériel endosymbiotique n'est pas à écarter, quoique, apparemment, il n'y aurait pas constitution d'un réseau comme Watanabe *et al.* (1990), ont pu l'observer pour *Lepidodinium viride*. De leur côté, Wilcox & Wedemayer (1984), citent une cryptomonadine endosymbiotique chez *Gymnodinium acidotum* Nygaard.

Les échantillons quasi-monospécifiques prélevés à Diana contenaient, avec cette gymnodiniale, des corps discoïdes ou lenticulaires, à paroi épaisse, au contenu diffus, mesurant 12 à 15 µm dans le diamètre (Fig. 3g). Leur aspect général comme leur dimension les font ressembler à des formes d'enkystement. Ce point devra être confirmé ainsi que leur appartenance à l'espèce en question. Les kystes connus de gymnodiniales sont aujourd'hui très rares (Sournia *et al.*, 1992).

Dimensions des cellules: 17 à 24 µm pour la longueur totale et 12 à 16 µm pour la largeur.

Etymologie: *corsicum* épithète relative à la Corse.
Holotype: Figure 2 A, B.

Localité type: 9°34' E - 42°08' N. Etang de Diana, mer Tyrrhénienne, Méditerranée.

Habitat: système lagunaire marin, température de l'eau 14 - 15° C. La salinité n'a pas été mesurée au moment de l'échantillonnage, mais pour l'époque (avril), les valeurs fluctuent entre 34 et 35 ‰ (Paulmier, 1986). La Gymnodiniale occupe tout l'étang entre 0 et 11 mètres, mais le prélèvement a été effectué à 0,3 m sous la surface.

Les proliférations récentes de Gymnodiniales dans les étangs corses

Une liste des Dinophycées des étangs corses de Diana et d'Urbino ainsi que du secteur marin adjacent a déjà été établie (Paulmier, 1986). Elle ne mentionne pas les petits dinoflagellés non identifiés du groupe des Gymnodiniales, cependant très abondants et parfois co-dominants durant les efflorescences observées en 1984. D'autres proliférations phytoplanctoniques ont eu lieu en 1987 et 1989, impliquant des Gymnodiniales et surtout des Prorocentrales, occasionnant des mortalités de mollusques dans les élevages conchylicoles.

Plus récemment trois efflorescences ont été signalées, en particulier à Diana. En mars 1993, accompagnées par d'autres Dinophycées, plusieurs Gymnodiniales se sont

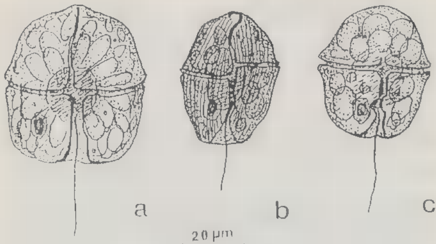


Fig. 6 a-c. - Principales Gymnodiniales des proliférations de mars 1993, dans l'étang de Diana: a = *Gymnodinium* sp. (proche de *G. variabile*); b = *Gymnodinium striatissimum*; c = *Gymnodinium* sp.
Fig. 6 - Main gymnodinial blooms in the month of March 1993, in the salt water lake of Diana: a = *Gymnodinium* sp. (close to *G. variabile*); b = *Gymnodinium striatissimum*; c = *Gymnodinium* sp.

développées dans cet étang. Au moins cinq espèces ont été répertoriées dont *Gymnodinium striatissimum* Hulburt (Elbrächter, 1979) (Fig. 6a-c) et une espèce voisine de *Gymnodinium variabile* Herdman (Dodge, 1982).

En août 1993, prolifère une Gymnodiniale coloniale rapportée à *Gymnodinium* sp. d'après des caractères visibles en MP, notamment le faible déplacement cingulaire. Elle forme des chaînes de 2 à 8 cellules. Le cytoplasme est de couleur jaune-vert et ses dimensions entre 15-19/17-21 µm.

Une efflorescence plus importante a lieu en septembre - octobre 1993, due à une population phytoplanctonique paucispécifique, largement dominée par une espèce énigmatique attribuée à *Gymnodinium* sp. mais présentant des analogies avec *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*. Des mortalités de poissons ont coïncidé avec [redacted] développement, à une époque où les deux principales variables hydrologiques sont pour la température: 24°4 ± 0°3 C, et pour la salinité: 36,6 ± 0,3 ‰ (Bodennec *et al.*, 1994; Arzul *et al.*, 1994).

Ecologie et conséquences du développement de *G. corsicum* dans l'étang de Diana

Pour le moment, le seul habitat connu de ce protiste est l'étang de Diana, sur la côte orientale corse, qu'il a occupé dans toute son étendue en avril 1994, mais d'une manière non uniforme, souvent distribué en nuages très denses. Il est probable qu'il se trouve également dans l'étang voisin d'Urbino, même s'il n'a pas encore été cité pour cet

endroit. Lors de sa floraison à Diana, les conditions hydrologiques sont de type tempéré, 14 et 15° C durant la poussée maximale. Cette petite Gymnodiniale a dû apparaître à la fin du mois de mars ou [redacted] début d'avril. Son évolution, relativement lente au début, s'est accélérée après le [redacted] avril, moment où ses effets sont nettement perçus par les observateurs. A cette date, il est dénombré $2\ 10^5$ cellules par litre près des cages d'élevage. Le 11 avril, *Gyrodinium corsicum* culmine à $126\ 10^6$ cellules par litre dans des nuages denses bien limités dans l'espace. Entre le 12 et le 18 avril, le nombre de cellules reste relativement élevé, entre $4\ 10^5$ et 10^6 par litre. En fait, ce nombre varie en fonction de plusieurs facteurs: le lieu, l'heure, les conditions de prélèvement. Une migration verticale liée à l'éclairement [redacted] été observée (J.C. Raymond, com. pers.). Ce protiste serait doté d'un phototropisme positif modéré. Un ensoleillement direct trop intense le maintient dans des couches d'eau moins exposées. La présence de chloroplastes verts suggèrent une nutrition autotrophe. Toutefois, la forme et la structure interne du sulcus postérieur (Fig. 5b), ainsi que la possible présence d'un pédoncule, ne doit pas faire exclure [redacted] possibilité de nutrition phagotrophique. D'ailleurs ces deux fonctions ne sont pas incompatibles, comme cela [redacted] déjà été observé (Larsen, 1988).

Les températures relativement basses en avril, c'est-à-dire au moment du développement de *Gyrodinium corsicum*, ne semblent pas encore propices pour induire des phénomènes subséquents très préjudiciables à cet écosystème paralique, par exemple des risques d'anoxie. Cependant des mortalités de poissons associées aux «eaux vertes» ont été signalées (J.C. Raymond, com. pers.). Il s'agit dans presque tous les cas d'animaux élevés en cages, loups (*Dicentrarchus labrax*) et daurades (*Sparus aurata*) qui n'ont pas la possibilité d'éviter les fortes concentrations de *G. corsicum* et qui sont plus ou moins affectés par le phénomène. Les mortalités ont d'ailleurs été variables et sans corrélation significative avec les densités d'organismes par litre. Des concentrations dans des prélèvements de surface, de $2\ 10^5$ et $5\ 10^5$ cellules par litre ont pu provoquer d'importantes mortalités. Dans un autre cas, une concentration de 10^6 cellules/litre semble avoir été bien tolérée par les poissons des mêmes élevages. En fait, il semble que plusieurs facteurs interviennent sur les affections causées par la présence de la Gymnodiniale: l'état physiologique et métabolique des poissons, la densité de *G. corsicum*, l'heure (donc l'éclairement), l'oxygénation, etc...(J.C. Raymond, com. pers.). Il n'a pas été relevé de mortalités anormales chez les populations pisciaires naturelles, qui ont probablement pu tirer profit du comportement de *Gyrodinium corsicum* et passer à travers les plus fortes concentrations sans dommage.

La recherche des toxines a été effectuée sur une population apparemment en fin de cycle, avec une densité de *Gyrodinium corsicum* inférieure à 10^4 cellules par litre et un phytoplancton diversifié, riche en Prorocentrales (G. Bodennec, com. pers.).

Sur cet échantillon peu significatif, tous les tests effectués: hemolytiques, allotoxiques et analyses chromatographiques pour la recherche des acides gras, se sont révélés négatifs, hormis une faible action inhibitrice sur la croissance de la diatomée *Chaetoceros gracilis*. Les toxines, déjà identifiées dans des cultures de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* ou décelées lors de la prolifération phytoplanctonique de l'automne 1993, n'ont pas été retrouvées (Bodennec *et al.*, 1994).

Ces éléments ainsi que les remarques précédentes, montrent que les mortalités de poissons peuvent avoir eu une autre cause qu'une possible toxicité de cette Dinophycée. Elles peuvent être liées, d'une part aux densités de Gymnodiniales, d'autre part à l'absence de liberté de mouvements des poissons d'élevage. D'importantes concentrations de Gymnodiniales ont été observées [redacted] voisinage des branchies sur des poissons moribonds, ce qui peut laisser supposer une mort par asphyxie (J.C. Raymond, comm. pers.).

Comparaison avec d'autres espèces du groupe *Gymnodinium/Gyrodinium*

Peu de Gymnodiniales ont été étudiées à l'aide de la microscopie électronique, ce qui, par conséquent, réduit le champ des comparaisons avec d'autres taxons du groupe. En tout état de cause, elles ne peuvent s'appliquer qu'aux caractères connus indiscutables.

Les aires sulcales et cingulaires de *Gyrodinium corsicum*, la gouttière apicale et son débordement dorsal, la structure épisomique et surtout hyposomique du plasmalemme ainsi que l'ouverture pré-cingulaire ventrale réniforme ou fendue, apparentée à un pore, sont les principaux attributs de ce protiste qui, pour le moment, est placé dans le genre *Gyrodinium* en raison du déplacement cingulaire constamment et nettement supérieur au 1/5 de sa longueur totale.

D'autres espèces équipées de chloroplastes verts ou appartenant à la même classe de taille, comme *Gymnodinium pyrenoidosum* Horiguchi et Chihara, ou encore ayant en plus une convergence morphologique comme *Gymnodinium* sp. (Midorishio) (Fukuyo *et al.*, 1990), ne peuvent être confondues avec *Gyrodinium corsicum*, en raison de l'absence de gouttière apicale chez la première, l'absence d'ornement superficiel, l'aire cingulo-sulcale différente et la taille plus grande pour la seconde.

La comparaison avec les autres Gymnodiniales vertes étudiées seulement en MP est plus délicate, car tous les détails ultra-structuraux n'ont pu être perçus par leurs auteurs (Kofoid & Swezy, 1921; Biecheler, 1952; Hulburt, 1957; Dodge, 1982; Paulmier, 1992, 1994). En nous basant sur nos propres observations [redacted] MP qui nous ont permis de préciser plusieurs caractères, à l'exception de la partie antérieure du sulcus, du gros pore ventral épisomique et de la structure particulière de la membrane externe sur l'hyposome, qui n'ont pu être vus, ainsi que l'aire comprise entre la base de la gouttière apicale et la fin du sulcus, impossible à bien définir par cette technique, on ne peut rattacher l'espèce corse à aucune autre connue.

C'est ainsi qu'il est possible de différencier *Gyrodinium corsicum* d'une autre Gymnodiniale également responsable d'«eaux vertes», qui prolifère surtout l'été sur les côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique depuis 1982 et qui, pour cette raison est dénommée *Gymnodinium* "sp. 1982" (Sournia *et al.*, 1992). Les distinctions entre ces deux Dinophycées portent essentiellement sur l'aire sulcale, étroite et sigmoïde chez cette dernière espèce et se prolongeant sur l'épicône dans l'axe longitudinal, jusqu'à l'apex (Sournia *et al.*, 1992, p. 5, fig. 1g). De plus l'ouverture ne dépasse pas le 1/5 de sa longueur totale ce qui, par convention, l'a fait classer dans le genre *Gymnodinium*. Les autres détails taxinomiques importants n'étant pas visibles sur les illustrations, ni mentionnés dans la diagnose relative à *Gymnodinium* "sp. 1982", ces deux Gymnodiniales ne peuvent être rapportées au même taxon. Il existe cependant une convergence

morphologique, bien que la forme soit un caractère variable, entre *Gyrodinium corsicum* et les individus représentés sur la figure 1 A,C,E,F, page 5 (Sournia *et al.*, 1992). Signalons enfin que ces deux espèces ne résistent pas de la même façon au lugol et qu'elles ne semblent pas privilégier le même habitat.

Une autre espèce responsable d'«eaux vertes» sur les côtes françaises, entre la baie de Vilaine et la Gironde, attribuée au genre *Gymnodinium*, citée par Lassus (1988), est trop incomplètement déterminée pour être comparée à *G. corsicum*. Elle serait de dimension plus grande, 30 à 35 µm.

Il ne semble pas y avoir d'identité avec d'autres Gymnodiniales «vertes» précédemment décrites qui, pratiquement, sont toutes classées dans le genre *Gymnodinium* et donc caractérisées par un faible déplacement cingulaire, ni avec celles du genre *Gyrodinium* morphologiquement voisines. Ainsi, *Gyrodinium corsicum* [redacted] peut pas être confondu avec *Gymnodinium maguelonnense* Biecheler qui diffère par la forme de la gouttière apicale et la taille plus grande (Biecheler, 1939), ni avec *Gyrodinium aureolum* et *Gyrodinium resplendens* de Hulburt (1957) dont il se distingue essentiellement par les dimensions, la forme du sulcus et apparemment l'absence de gouttière apicale chez ces dernières et peut être même la couleur des plastes. L'espèce *Gyrodinium glaebum*, également décrite par Hulburt, est comparable à la Gymnodiniale corse par les dimensions, le cingulum creux et le déplacement de la ceinture, mais tous les autres caractères manquent et Hulburt (1957) note l'absence de chloroplastes.

D'autres taxons à plastes bruns ou jaunâtres sont morphologiquement proches de la Gymnodiniale corse. C'est le cas de la forme réduite de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* Adachi et Fukuyo, dont les dimensions sont similaires (16-27 µm) à celles de *Gyrodinium corsicum* (Partensky & Sournia, 1986; Partensky *et al.*, 1991). Elle s'en distingue par son décalage cingulaire, la gouttière apicale inclinée ventralement vers la gauche et non rectiligne, le pore apical pré-cingulaire gauche, les processus d'aspect granuleux sur la membrane externe et en particulier leur arrangement sur l'hyposome, enfin l'absence d'aplatissement dorso-ventral marqué. *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* est largement distribué dans les eaux côtières de l'Atlantique nord, depuis la Norvège jusqu'à l'Espagne et en France, des côtes bretonnes de la Manche et de l'Atlantique jusqu'à l'embouchure de la Vilaine, où elle provoque parfois des eaux colorées brunes et des mortalités d'organismes marins (Sournia *et al.*, 1991). Ces remarques montrent que ces deux espèces se distingueraient également par des manifestations externes différentes et l'habitat, bien que la présence de la dernière espèce nommée ait été soupçonnée dans l'étang de Diana en octobre 1993 (Bodennec *et al.*, 1994).

L'espèce de l'étang de Diana est aussi très proche du taxon japonais *Gymnodinium mikimotoi* Miyake et Kominami ex Oda (= *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi). Elle s'en différencie par les mêmes caractères que ceux du taxon *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*, par ailleurs très voisin de l'espèce sus-citée (Fukuyo *et al.* 1990).

Enfin l'espèce *Gyrodinium galatheanum* (Braarud) Taylor (basionyme = *Gymnodinium galatheanum* Braarud) se rapprocherait peut être le plus de *G. corsicum*. Cette espèce a été redéfinie par Larsen & Moestrup (1989) et récemment introduite dans le genre *Gyrodinium* par Taylor (1992) sur la base du décalage cingulaire. La présence d'un pore épisomique ventral, sans autre précision et la présence d'un pédoncule, sont

notés par Taylor. Par ailleurs, le périplaste de ce petit dinoflagellé serait également relativement résistant [redacted] agents fixateurs (Lassus, 1980; Taylor, 1992). Le prolongement sulcal en forme de gouttière, l'ornementation de l'amphiesma, le nombre de plastes (4 contre 15) et les dimensions sensiblement plus petites de *G. galatheanum*, différencient pour le moment, ces deux taxons. A cela, on peut ajouter que *G. corsicum* provoque des «eaux vertes» et *G. galatheanum* des «eaux rouges» (Braarud, 1957) et que cette dernière espèce est ichthyotoxique, ce qui n'est pas démontré pour *G. corsicum*.

CONCLUSION

La place de *Gyrodinium corsicum*, compte tenu de la définition actuelle du genre (Sournia, 1986) et des caractères de l'espèce, ne semble pas poser de difficultés. Elle fait partie d'un groupe de Gymnodiniales décrites d'après des observations en microscopie électronique, caractérisées par une gouttière apicale relativement indépendante du sulcus, débordant sur la face dorsale, et d'un décalage plus ou moins prononcé du cingulum. C'est le cas de *Gymnodinium breve* Davis, *Gymnodinium mikimotoi* Miyake et Kominami [redacted] Oda, *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* Adachi et Fukuyo, *Gymnodinium* sp. "type '84 K", *Gymnodinium* sp. (Midorishio) et peut être *Gyrodinium galatheanum* (Braarud) Taylor. Presque toutes les espèces citées sont classées dans le genre *Gymnodinium* probablement sur le seul fondement du décalage cingulaire. Elles se différencient nettement d'espèces dépourvues de gouttière apicale, à plasmalemme peu orné et représentées par *Gymnodinium pyrenoidosum* Horiguchi et Chihara, ou à plasmalemme fortement orné et représentées par *Gymnodinium abbreviatum* Kofoid et Swezy ou encore *Gymnodinium sanguineum* Hirasaka. De même *Gyrodinium corsicum* paraît éloigné des *Gyrodinium* dont la gouttière apicale peut être interprétée comme une extension du sulcus terminée en boucle simple ou plus complexe à l'apex, comme *Gyrodinium instriatum* Freudenthal et Lee (Takayama, 1985), et plus encore des grands *Gyrodinium* à amphiesma strié ou côtelé et à fort décalage cingulaire comme *Gyrodinium spirale*, *G. britannicum* ou *G. obtusum*, etc. A la suite de ces remarques, il apparaît que, dans l'avenir, des remaniements seront probablement effectués à l'intérieur du groupe *Gymnodinium/Gyrodinium*. La gouttière apicale ou son absence, le prolongement sulcal ou non sur l'épisome, sa terminaison en acrobase ou en boucle ouverte ou fermée, sont des éléments possibles de distinction spécifique (Takayama, 1985). Des divisions avaient déjà été opérées dans le groupe des dinoflagellés «nus» sur la base de ces caractères (Biecheler, 1934; 1952; Chatton & Hovasse, 1934). La présence de pores particuliers, le type d'ornementation de la pellicule externe pourront apparaître aussi comme d'interessants critères taxinomiques de différentiation. Sur le principe de caractères spéciaux, quelques espèces avaient été sorties du groupe et replacées dans de nouveaux genres tels que *Balechina*, *Aureodinium*, *Symbiodinium* ou encore *Sclerodinium* (Taylor, 1976, 1983; Dodge, 1967, 1981). Plus récemment, Watanabe *et al.* (1990) ont créé le genre *Lepidodinium* pour une Gymnodiniale au périplasme couvert d'écailles.

La présence chez *Gyrodinium corsicum* d'une sorte de «plaquette sulcale», observée comme telle, ainsi que sa thèque relativement plus résistante que celle de beaucoup d'autres Gymnodiniales, peuvent avoir une certaine valeur taxinomique. La pseudo-plaque est d'ailleurs d'interprétation difficile. Est-ce une plaquette du même type que celles des Dinophycées cuirassées ? Et dans cette éventualité, représente t-elle les prémices d'une évolution vers une thèque tabulée ou au contraire, est-ce un élément relicte ou sans signification particulière ? Des plaques ou des rudiments de plaques ont déjà été observés dans la couche vésiculaire de quelques Gymnodiniales: *Amphidinium carteri* (Dodge & Crawford, 1968), *Katodinium* sp. (Dodge & Crawford, 1970), *Gymnodinium fuscum* (Dodge & Crawford, 1969). Selon Mignot (1970), les plaques de *Gymnodinium*, pourraient être un stade de développement des plaques de *Peridinium*. Le sens de l'évolution vers un développement des plaques ou au contraire vers leur régression, n'est pas encore un problème résolu, bien qu'il y aurait une tendance à considérer les formes «nues» ou peu renforcées, comme plus primitives que les formes totalement cuirassées, en [redacted] fondant sur les types de zoospores d'organisation gymnodinioïde ou sur les premiers stades mobiles issus de la germination des kystes chez les dinoflagellés cuirassés (Dodge, 1983). Dans le contexte des gymnodinioïdes, la position de *Gyrodinium corsicum*, éventuellement des formes affines, est difficile à définir. Une hypothèse possible, compte tenu des connaissances actuelles, serait de la situer à la frontière des espèces cuirassées et des espèces à périplasme fin, dépourvu de structure solidifiante. Des informations restent à obtenir sur cette petite Gymnodiniale, notamment la composition pigmentaire encore à définir et la structure interne de la paroi. Elles feront l'objet de recherches ultérieures.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Monsieur J.P. Angeli et son équipe du Laboratoire de Santa Maria Poggio, en Corse, qui se sont chargés des échantillonnages, Monsieur G. Bodennec et son équipe, du Laboratoire DEL/Ecologie de Brest, qui ont effectués les analyses relatives à la recherche de toxines [redacted] Monsieur J. Coq qui a bien voulu se charger de la traduction latine.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1982 - Les étangs corses. Niveaux trophiques - Critères d'aménagement. *Rapp. SOMIVAC - ISTPM*, 99 p.

ARZUL G., BODENNEC G., ERARD E. & GENTIEN P., 1994 - Fish kills and *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* in Corsica (France). *Harmful Algae News* 8: 7.

BIECHELER B., 1934 - Sur le réseau argentophile et la morphologie de quelques péridiniens nus. *Compte rend. Soc. biol.*, 115: 1039-1042.

BIECHELER B., 1939 - Sur deux péridiniens nouveaux des eaux saumâtres des environs de Sète. *Bull. Zool. Soc. France*, 64: 12-18.

BIECHELER B., 1952 - Recherches sur les Péridiniens. *Bull. biol. Fr.Belg., suppl.* 36: 1-149.

BODENNEC G., ARZUL G., ERARD-LE DENN E. & GENTIEN P., 1994 - *Gymnodinium sp. dans l'étang de Diane (Corse), septembre-octobre 1993. Tests biologiques et analyses chimiques.* RI - IFREMER, DEL/ 94. 07/ Brest, pp. 1-20, 3 annexes.

BORCAKLI M., 1981 - *Péridiniens littoraux de la région de Montpellier*. Thèse 3ème cycle, Univ. Montpellier, 95 p., 11 pl.

BRAARUD T., 1957 - A red water organism from Walvis Bay (*Gymnodinium galatheanum* n. sp.). « *Galathea* » *Rep.* 1: 137-138.

CHATTON E. & HOVASSE R., 1934 - L'existence d'un réseau ectoplasmique chez les *Polykrikos* et les précisions qu'il fournit à la morphologie Péridinienne. *Compte rend. Soc. biol.*, 115: 1036-1039.

DODGE J.D., 1967 - Fine structure of the dinoflagellate *Aureodinium pigmentosum* gen. et sp. nov. *Brit. Phycol. Bull.* 3 (2): 327-336.

DODGE J.D., 1981 - Three [redacted] generic names in the dinophyceae: *Herdmania*, *Sclerodinium* and *Triadinium* to replace *Heteraulacus* and *Goniodoma*. *Brit. Phycol. J.*, 16: 273-280.

DODGE J.D., 1982 - *Marine dinoflagellates of the British Isles*. H.M.S.O., London, vi, 303 p., incl. 8 pl.

DODGE J.D., 1983 - Dinoflagellates: investigation and phylogenetic speculation. *Brit. Phycol. J.* 18: 335-356.

DODGE J.D., 1984 - Dinoflagellate taxonomy. *In* Spector D.L. (Ed.), «*Dinoflagellates*», pp. 17-42, Academic Press Inc., 545 p.

DODGE J.D. & CRAWFORD R.M., 1968 - Fine structure of the Dinoflagellate *Amphidinium carteri*. *Protistologica* 4 (2): 231-242.

DODGE J.D. & CRAWFORD R.M., 1969 - The fine structure of *Gymnodinium fuscum*. *New.Phytol.* 68: 613-618.

DODGE J.D. & CRAWFORD R.M., 1970 - A survey of thecal fine structure in the Dinophyceae. *Bot. J. Linn. Soc.* 63: 53-67.

ELBRÄCHTER M., 1979 - On the taxonomy of unarmored dinophytes (Dinophyta) from the Northwest African Upwelling region. " *Meteor* " *Forsch. Ergebnisse R.D.* 30: 1-22.

FUKUYO Y., TAKANO H., CHIHARA M. & MATSUOKA K., 1990 - *Red tide organisms in Japan. An illustrated taxonomic guide*. Uchida Rokakuho, Tokyo, Japon. 430 p.

HULBURT E.M., 1957 - The taxonomy of unarmored Dinophyceae of shallow embayments on Cape Cod, Massachusetts. *Biol. Bull.* 112 (2): 196-219.

KALLEY J.P. & BISALPUTRA T., 1971 - *Peridinium trochoideum*. The fine structure of the thecal plates and associated membranes. *J. Ultrastr. Res.* 37: 521-531.

KIMBALL Jr J.F. & WOOD E.J.F., 1965 - A dinoflagellate with characters of *Gymnodinium* and *Gyrodinium*. *J. Protozool.* 12 (4): 577-580.

KOFOID C.A. & SWEZY O., 1921 - The free living unarmored Dinoflagellata. *Mem. Univ. Calif.* 5: 1 - 562, pl. 1-12.

LASSUS P., 1980 - *Mise à jour des données sur les organismes responsables d'eaux colorées. Extension au microplancton produisant des toxines*. Rapp. ISTPM, Nantes, 164 p. + suppl.

LASSUS P., 1988 - *Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes*. DERO - IFREMER, 111 p.

LARSEN J., 1988 - An ultrastructural study of *Amphidinium poecilochroum* (Dinophyceae), a phagotrophic dinoflagellate feeding on small species of cryptophytes. *Phycologia* 27 (3): 366-377.

LARSEN J. & MOESTRUP O., 1989 - *Guide to Toxic and Potentially Toxic Marine Algae*. Fish Inspection Service, Danish Min. of Fish., Copenhagen, 61 p.

MIGNOT J.P., 1970 - Remarques sur le développement du réticulum endoplasmique et du système vacuolaire chez les Gymnodiniens. *Protistologica* 6: 267-281.

NETZEL H. & DÜRR D., 1984 - Dinoflagellate cell cortex. *In* Spector D.L. (Ed.), «*Dinoflagellates*», pp. 43-105, Academic Press Inc., 545 p.

PARTENSKY F. & SOURNIA A., 1986 - Le dinoflagellé *Gyrodinium* cf.*aureolum* dans le plancton de l'Atlantique nord: identification, écologie, toxicité. *Cryptogamie Algol.* 7 (4): 251-275.

PARTENSKY F, GENTIEN P. & SOURNIA A., 1991 - *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* = *Gyrodinium* cf. *aureolum* (Dinophycées). *In* A. Sournia *et al.*, *«Le phytoplancton nuisible des côtes de France - de la biologie à la prévention»*, IFREMER - CNRS, 154 pp., Brest.

PAULMIER G., 1986 - Contribution à l'étude du microplancton des étangs corses de Diana et Urbino et du secteur marin adjacent. *Rev.Trav. Inst. Pêches marit.* 48 (3-4) "1984": 161-175.

PAULMIER G., 1992 - *Catalogue illustré des microphytes planctoniques et benthiques des côtes normandes.* RI - DRV, 92. 007 - RH, Le Robert, Martinique, 107 p., incl. 16 pl.

PAULMIER G., 1994 - Les dinophycées pélagiques et benthiques du Golfe de Gascogne - Sud de la Bretagne à Arcachon. *Ann. Soc. sci. nat. Charente Marit.* 8 (3): 289-344, 24 pl.

SOURNIA A., 1986 - *Atlas du phytoplancton marin.* Vol. I. Ed. CNRS, Paris, 219 p.

SOURNIA A., BELIN C., BERLAND B., ERARD-LE DENN E., GENTIEN P., GRZEBYK D., MARCAILLOU-LE BAUT C., LASSUS P. & PARTENSKY F., 1991 - *Le phytoplancton nuisible des côtes de France. De la biologie à la prévention.* IFREMER - CNRS, Brest: 154 p.

SOURNIA A., BELIN C., BILLARD C., CATHERINE M., ERARD-LE DENN E., FRESNEL J., LASSUS P., PASTOUREAUD A. & SOULARD R., 1992 - The repetitive and expanding occurence of a green bloom-forming dinoflagellate (Dinophyceae) on the coasts of France. *Cryptogamie Algol.* 13 (1): 1-13.

SPECTOR D.L., 1984 - *Dinoflagellates.* Orlando Academic Press, XIV, 545 p.

STONE J. & VESK M., 1982 - Intranuclear microfilaments in a dinoflagellate. *Micron* 13: 335-336.

TAKAYAMA H., 1985 - Apical grooves of unarmored Dinoflagellates. *Bull. Plank. Soc. Japan* 32 (2): 129-140.

TAYLOR F.J.R., 1976 - Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A Report on material collected by the R.V. « Anton Bruun » 1963-1964. *Bibliotheca bot.* 132: 1-234, pl.1-46.

TAYLOR F.J.R., 1983 - Possible free-living *Symbiodinium microadriaticum* (Dinophyceae) in tide pools in Southern Thailand. *Endocytobiology* 2: 1009-1014.

TAYLOR F.J.R., 1992 - The taxonomy of harmful marine phytoplankton. *Giorn. Bot.Ital.* 126 (2): 209-219.

TOURNIER H., HAMON P.Y. & LANDREIN S., 1981 - Synthèse des observations réalisées par l'I.S.T.P.M. sur les eaux et le plancton de l'étang de Thau de 1974 à 1980. *Rev. Trav. Inst. sci tech. Pêches marit.* 45 (4): 283-318.

WATANABE M.M., SUDA S., INOUYE I., SAWAGUCHI T. & CHIHARA M., 1990 - *Lepidodinium viride* gen. et sp. nov. (Gymnodiniales, Dinophyta), a green dinoflagellate with a chlorophyll a - and b - containing endosymbiont. *J. Phycol.* 26: 741-751.

WILCOX L.W. & WEDEMAYER G. J., 1984 - *Gymnodinium acidotum* Nygaard (Pyrrophyta), a dinoflagellate with an endosymbiotic cryptomonad. *J. Phycol.* 20: 236-242.

CHLOROPLAST INCLUSIONS IN *BONNEMAISONIA HAMIFERA* (RHODOPHYTA, BONNEMAISONIALES)

Curt M. PUESCHEL and Susan J. BABUKA

Department of Biological Sciences, State University of New York
at Binghamton, Binghamton, NY 13902-6000, USA

ABSTRACT - Transmission electron microscopy revealed the presence of electron-dense inclusions in chloroplasts of the tetrasporophytic *Trailliella* phase of *Bonnemaisonia hamifera* (Hariot) Okamura. Each inclusion was composed of expansive sheets, 3.5-4.0 nm thick, that were fully appressed and formed stacks of as many [redacted] fifteen layers. Stacks occurred singly or in aggregations whose members had divergent and sometimes radial orientation. Some stacks were embedded in an amorphous electron dense matrix. The inclusions were located among the thylakoids in the stroma. Even in unstained sections, the inclusions were electron-dense, suggesting that the material was either strongly osmiophilic or natively electron-dense. X-ray microanalysis of the inclusions did not reveal any element, other than osmium introduced during postfixation, that was unusual or that would confer electron density. The electron density of the inclusions must be the result of an osmiophilic nature.

RÉSUMÉ - La microscopie électronique à transmission [redacted] révélé des inclusions denses aux électrons dans les plastes de *Trailliella*, tétrasporophyte de *Bonnemaisonia hamifera* (Hariot) Okamura. Chaque inclusion est composée de feuillets expansifs de 3.5-4.0 nm d'épaisseur, complètement apprimés et formant des empilements jusqu'à quinze couches. Les empilements sont isolés ou forment des agrégats dont les membres adoptent [redacted] orientation divergente, parfois radiale. Quelques empilements se trouvent dans une matrice amorphe dense aux électrons. Ces inclusions sont situées parmi les thylacoïdes dans le stroma. Même sans agent de contraste, elles sont denses aux électrons, ce qui suggère que le matériel est soit fortement osmiophile soit d'une nature dense aux électrons. Leur microanalyse aux rayons X ne révèle pas d'élément, autre que l'osmium provenant de la postfixation, qui soit inhabituel ou qui conférerait l'opacité aux électrons. La densité électro-nique des inclusions doit être la conséquence de la nature osmiophile du matériel.

KEY WORDS - chloroplast, *Bonnemaisonia hamifera*, ultrastructure.

INTRODUCTION

Chloroplasts of red algae have been reported to contain a number of unusual inclusions (Pueschel, 1990). With the exception of aggregations of the iron-containing protein, ferritin (Pueschel & Cole, 1980; Pueschel & Parthasarathy, 1984), the composition and possible physiological roles of these inclusions are unknown. Cytoplasmic protein crystals are widespread in red algae (Pueschel, 1992), but

chloroplast crystals are not. Chloroplast inclusions in *Asterocolax gardneri* (Setch.) J. & G. Feldmann had crystalline substructure but not a crystalline outline (Goff, 1982); those in *Antithamnion defectum* Kylin had a polyhedral outline, but no crystalline substructure was demonstrated (Young, 1979). Chloroplast inclusions, also presumably proteinaceous but irregularly shaped and without apparent substructure, were found in *Palmaria palmata* (L.) O. Kuntze (Pueschel & van der Meer, 1984), whereas amorphous masses of granular material were present in plastids of *Hildenbrandia rubra* (Sommerf.) Menegh. (Pueschel, 1988).

In the course of ultrastructural examination of the *Trailliella* phase of *Bonnemaisonia hamifera* (Hariot) Okamura, chloroplast inclusions were encountered that were unlike any inclusion previously reported to occur in either chloroplasts or cytoplasm of red algae. Their structure is described in the present report.

MATERIAL AND METHODS

Cultures of the *Trailliella* phase of *Bonnemaisonia hamifera* (as *Trailliella intricata*) were obtained from Connecticut Valley Biological Supply and the University of Texas Culture Collection of Algae. Specimens from cultures of different ages were fixed according to a variety of protocols: 3% glutaraldehyde, 29% formaldehyde, 0.2 M sucrose in 0.1 M sodium cacodylate buffer, 5% glutaraldehyde, 0.2 M sucrose in 0.1 M sodium cacodylate buffer, or 2.5% glutaraldehyde, 0.5 caffeine in 0.05 M phosphate buffer; all at pH 7.0 for 2 hours. After dilution and rinses with pure buffer, specimens were fixed in 1-2% aqueous osmium tetroxide for 1-3 hours, then rinsed with water, dehydrated in acetone, and embedded in Epon or Spurr's medium. Sections were stained with 2% aqueous uranyl acetate followed by Reynold's lead citrate or were examined without staining.

Energy dispersive X-ray microanalysis was performed using a PGT System 4 interfaced with a Hitachi H-7000 TEM. Spectra were collected from unstained sections for 100 seconds at 75 kV with the microscope in scanning-transmission mode.

OBSERVATIONS

Chloroplasts in mature vegetative cells of the *Trailliella* phase of *Bonnemaisonia hamifera* were found to have unusual electron-dense inclusion within the stroma (Figs 1-4). The inclusions were not common, but they were present in all fixation regimes, which also represented different cultures ages. The abundance of chloroplast inclusions varied among cells of ■ single thallus. Some cells had several inclusions visible in a single section (Fig. 1); other cells had none.

The stroma around some inclusions was free of thylakoids, but commonly thylakoids were found to interdigitate with and align to projecting surfaces of inclusions (Fig. 1-3). Some plastoglobuli were unusually large and unevenly electron-dense (Figs 1, 2, 4), presumably due to partial extraction of lipids during fixation. Another unusual feature noted was extensive vesiculation of the chloroplast envelope

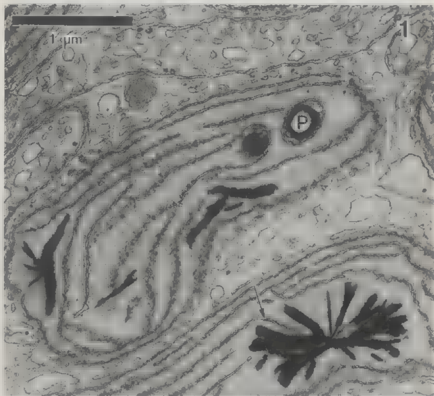


Fig. 1 - Thin-section electron micrograph of *Trailliella* phase of *Bonnemaisonia hamifera*. Electron-dense chloroplast inclusions are composed of a few elements or a cluster of radiating elements. Stroma near the large inclusion contains thylakoids, but one thylakoid (arrow) is interdigitated with the inclusion. Plastoglobuli (P) close to the inclusion [redacted] large and some are partially extracted. Chloroplast envelopes are highly vesiculated.

(Figs 1-3). In contrast, mitochondrial membranes, thylakoids, and other cellular membranes did not exhibit this behavior (Fig. 1).

The fundamental structural unit of the chloroplast inclusion was a flat sheet (Figs 1-5). Some sheets occurred singly, but most were assembled to form stacks. The surfaces of sheets in a stack were fully appressed. As many as 15 sheets were found in a single stack. In lateral view, a sectioned stack was found to be composed of alternating electron-dense and electron-transparent layers (Fig. 5). The thickness of a single sheet within a stack was approximately 3.5-4.0 nm. The electron-dense portion of the sheet was about half of the total thickness. It could not be determined whether the electron-

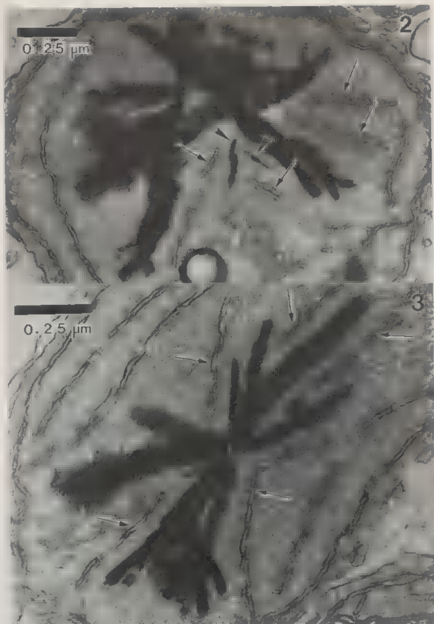


Fig. 2, 3 - Chloroplasts of *Trailliella* phase of *Bonnemaisonia hamifera*. The chloroplast inclusions consist of numerous radiating elements. Thylakoids (arrows), some of which are in oblique view, are aligned parallel to some of the surfaces of the inclusions. Note the proximity and similarity of small thylakoids and small sheets of inclusion material (arrowheads) in Fig. 2.

dense layer of a single sheet was covered on each side by a 1.0 nm thick electron-transparent layer, or on only one side by a 2.0 nm thick layer. Both configurations could produce the images observed. Oblique and face views of the sheets revealed no visible substructure. In these orientations, the thin sheets could easily be mistaken for amorphous inclusions.

Sheets or stacks of sheets were observed to occur alone or in aggregations (Fig. 1). Clusters of stacks often appeared to radiate from a central point (Figs 1 and 3). Some such aggregations appeared to be embedded in an amorphous electron-dense matrix (Fig. 4). The largest aggregation observed was about 2 µm in diameter.

To evaluate the source of the electron density of the chloroplast inclusions, some sections were examined without uranyl acetate or lead citrate staining (Fig. 5). The contrast of the inclusions was reduced, but they were still electron-dense. The layered substructure of the elements of a stack was more easily seen without section staining.

Energy dispersive X-ray microanalysis of the inclusions and of the surrounding stroma did not reveal the presence of unusual elements, except osmium, and this was expected to be present due to its incorporation during postfixation. The electron-density of the inclusions is apparently the result of the ability to bind osmium.

DISCUSSION

The layered structure of the chloroplast inclusions in *Bonnemaisonia* is somewhat suggestive of a membranous constitution. Tightly coiled membranes have been reported to occur in chloroplasts, especially developing chloroplasts, of several red algae (Delivopoulos & Kugrens, 1985). However, the thickness and electron-density of the inclusions in *Bonnemaisonia* are clearly different from normal membranes, and the elements are not whorled or coiled; they are stack units that terminate in free ends.

The possibility that these inclusions are artifacts created during processing or normal constituents altered from their native state was considered. However, spacing of thylakoids is normal, thylakoids interdigitate with the inclusions, and the density of granular stromal constituents close to the inclusions is the same as elsewhere in the chloroplast. The occurrence of inclusions under a variety of fixation conditions also argues against the possibility that these are artifacts.

The alignment of thylakoids parallel to surfaces of inclusions raises the question of whether there is perhaps a developmental relationship between the two. The similarity of size and disposition of thylakoids and sheets of inclusion material, as in figure 2, are particularly suggestive of such an ontogenic relationship. The formation of these inclusions might result from an unusual concentration of normal membrane components or accumulation of unusual constituents within the thylakoid membrane. Plastoglobuli are larger and more variable in size in these specimens than they are in most red algal chloroplasts. Large plastoglobuli commonly were located near the inclusions. The great electron density of plastoglobuli is due to the osmiophilic nature of the hydrophobic compounds of which they are composed (Kirk & Tilney-Bassett, 1978). Perhaps enrichment of thylakoids with similar compounds could transform

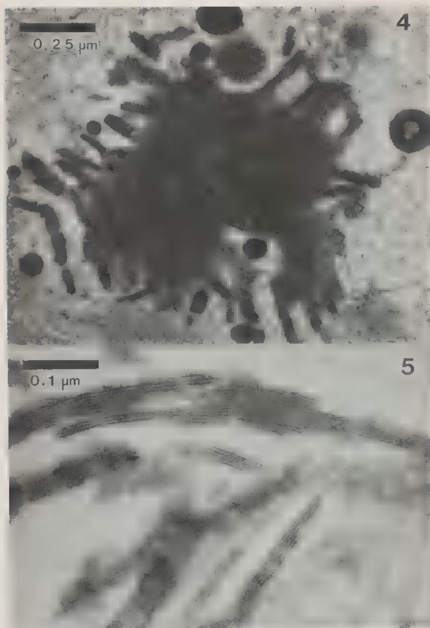


Fig. 4, 5 - Chloroplasts of *Trailliella* phase of *Bonnemaisonia hamifera*. Fig. 4. A cluster of inclusions is embedded in an amorphous, electron-dense matrix. Numerous plastoglobuli (P) ▬ associated with the inclusion. Fig. 5. High magnification of unstained section shows the alternating layers of electron-dense and electron-transparent material that make up the inclusions.

thylakoids into layered inclusions. However, until the inclusions are isolated and characterized, their origin and specific chemical nature will remain speculative.

Bonnemaisonia and other members of the Bonnemaisoniales are known to be involved in halogen metabolism (e.g. Codomier *et al.*, 1983; Fennical, 1975; Wolk, 1968), so the possibility that these unusual chloroplast inclusions may be related to this activity was considered, but X-ray microanalysis failed to detect halogens in the inclusions. Furthermore, halogen-containing compounds [redacted] typically accumulated in specialized lateral cells, vesicle cells (Codomier *et al.*, 1983; Wolk, 1968), rather than the unspecialized axial cells, which contained the plastid inclusions.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their thanks to J. Seraji-Bozorgzad, H. Eichelberger, and H.N. Trick for technical assistance and Dr. Olivier Martin for assistance with translation.

REFERENCES

CODOMIER L., CHEVALIER S., JUPIN H., FRANCISCO C. & BANAIGS B., 1983 - Rhodophycées à ioduques et Rhodophycées à bromuques. Etude réalisée à la microsonde électronique. *Biol. Cell* 48: 75-80.

DELIVOPOULOS S.G. & KUGRENS P., 1985 - Thylakoid formation from coiled lamellar bodies during carposporogenesis in *Faucheocolax attenuata* Setch. (Rhodophyta, Rhodymeniales). *J. Cell Sci.* 75: 215-224.

FENICAL W., 1975 - Halogenation in the *Rhodophyta*. *J. Phycol.* 11: 245-259.

GOFF L.J., 1982 - The biology of parasitic red algae. *Progr. Phycol. Res. Progr.* 1: 289-369.

KIRK J.T.O. & TILNEY-BASSETT R.A.E., 1978 - *The Plastids*. 2nd Ed. Ed. New York, Elsevier/North Holland Biomedical Press, 960 p.

PUESCHEL C.M., 1988 - Cell sloughing and chloroplast inclusions in *Hildenbrandia rubra* (Rhodophyta, Hildenbrandiales). *Brit. Phycol.. J.* 23: 17-23.

PUESCHEL C.M., 1990 - Cell structure. *In* COLE K.M. & SHEATH R.G. (Eds), *Biology of the Red Algae*. New York, Cambridge University Press, pp. 7-41.

PUESCHEL C.M., 1992 - An ultrastructural survey of the diversity of crystalline, proteinaceous inclusions in red algal cells. *Phycologia* 31: 489-499.

PUESCHEL C.M. & COLE K.M., 1980 - Phytoferritin in the red alga *Constantinea* (Cryptonemiales). *J. Ultrastruct. Res.* 73: 282-287.

PUESCHEL C.M. & PARTHASARATHY M.V., 1984 - X-ray microanalysis of phytoferritin in *Constantinea* (Cryptonemiales, Rhodophyta). *Phycologia* 23: 465-469.

PUESCHEL C.M. & VAN DER MEER J.P., 1984 - Ultrastructural characterization of a pigment mutant of the red alga *Palmaria palmata*. *Canad. J. Bot.* 62: 1101-1107.

WOLK C.P., 1968 - Role of bromine in the formation of the refractile inclusions of the vesicle cells of the Bonnemaisoniaceae (Rhodophyta). *Planta (Berl.)* 78: 371-378.

YOUNG D.N., 1979 - Ontogeny, histochemistry and the fine structure of cellular inclusions in vegetative cells of *Antithamnion defectum* (Ceramiaceae, Rhodophyta). *J. Phycol.* 15: 42-48.

CONTRIBUTION TO [redacted] KNOWLEDGE OF THE BENTHIC ALGAL FLORA OF THE ISLE OF ALBORAN, WITH NOTES ON SOME LITTLE-KNOWN SPECIES IN THE MEDITERRANEAN

Fabio RINDI and Francesco CINELLI

Dipartimento di Scienze dell' Ambiente [redacted] del Territorio,
Università di Pisa, Via Volta 6, 56100 Pisa, Italy

ABSTRACT - The results of a floristic study of the benthic vegetation of the Isle of Alboran, based on collections made during two oceanographic cruises in the summer of 1988 and 1992, [redacted] presented. Altogether 35 new species for the Isle's flora [redacted] recorded: among them [redacted] like *Desmarestia dresnayi*, *Polyneura bonnemaisonii* ? and *Polysiphonia setacea*, are rare or little-known in the Mediterranean. Data on morphology, ecology and geographical distribution of these species are presented and discussed from the biogeographical point of view.

RÉSUMÉ- Les auteurs présentent les résultats d'une étude floristique sur le phytobenthos de l'Ile d'Alboran effectuée [redacted] cours de deux campagnes océanographiques (été 1988 et 1992). Parmi les algues récoltées, 35 sont nouvelles pour la flore de l'île, parmi lesquelles 3 espèces rares ou peu connues en Méditerranées: *Desmarestia dresnayi*, *Polyneura bonnemaisonii* ? et *Polysiphonia setacea*. Des données concernant leur morphologie [redacted] leur écologie accompagnent ces signalisations. Leur significations biogéographiques sont discutées.

KEY WORDS - Floristic study, biogeography, Isle of Alboran, Mediterranean.

INTRODUCTION

The Isle of Alboran is situated in the south western part of the Mediterranean (Sea of Alboran), close to the Atlantic Ocean. The influence of the Atlantic is reflected either by physical and biological traits that are peculiar for this part of the Mediterranean. Superficial currents come from the Atlantic through the Straits of Gibraltar; these currents reach the Sea of Alboran poorly mixing with mediterranean water (Cano, 1978a, 1978b). Therefore the Sea of Alboran represents a transition zone between the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea and these features have important implications from the biogeographical point of view (Flores & Conde, 1987; Conde-Poyales, 1989; Soto-Moreno & Conde-Poyales, 1993).

Although several floristic studies have been performed on the algal benthic communities of the Spanish and African coasts of the Sea of Alboran (Conde, 1984a, 1984b; Conde & Soto, 1986; Soto & Conde, 1989; Soto-Moreno, 1991; Gonzalez-Garcia & Conde, 1992; Gonzales-Garcia & Conde-Poyales, 1993) less attention has

been denoted to the submerged vegetation of the Isle of Alboran, probably because of its isolation (the isle is 88 km from Adra, Spain, and 53 km from Cape Tres Forcas, Morocco).

The first contributions to the algal flora of the Isle of Alboran date back to the end of the last century (Piccone,1884; Richard & Neuville, 1897); more recent studies include those of Pérès (1959), Esteve & Varo (1972), Giaccone (1972a, 1973), Giaccone & Bruni (1972-73), Garcia-Raso & Salas (1984), Sartoni & Boddi (1989), Ribera-Siguan & Soto-Moreno (1992), Sartoni (1992). The floristic data as a whole were summarized by Soto-Moreno & Conde-Poyales (1993), that mentioned in all 125 recorded taxa.

In the present work we report the results of a study on the benthic vegetation of the sublittoral zone of the Isle of Alboran, carried out during two oceanographic cruises in the summer of 1988 and 1992. Some new algae for the Alboran flora were recorded; the occurrence of some interesting species was also noted.

MATERIALS AND [redacted]

Specimens were collected at several depths ranging from -16 m to -37 m in the August 1988 and in the August 1992 by SCUBA diving. They were stored in 5% formalin in sea water and examined in laboratory using a dissecting and [redacted] stereo microscope. The reproductive status of each species was qualitatively assessed.

Botanical nomenclature follows Gallardo *et al.* (1993) for the Chlorophyta, Ribera *et al.* (1992) for the Fucophyceae and fundamentally Giaccone *et al.* (1985) for the Rhodophyta, with some alterations suggested mainly by Maggs & Hommersand (1993).

RESULTS

Floristic list

We determined 72 species among which 5 Chlorophyta (7%), 14 Fucophyceae (19%) and 53 Rhodophyta (74%); 35 species were new for the algal flora of the Isle, according to the list of Soto-Moreno & Conde-Poyales (1993). Altogether 22 species (30%), 6 Fucophyceae and 16 Rhodophyta, showed reproductive structure; for 2 species of Rhodophyta (*Aglaothamnion byssoides* and *Hypoglossum hypoglossoides*) all the phases of the life history were observed. In the list asterisks denote new records for the Isle of Alboran; for species that were found fertile the reproductive structures are indicated.

CHLOROPHYTA

Chaetomorpha aerea (Dillwyn) Kützing
**Chaetomorpha mediterranea* (Kützing) Kützing
Codium effusum (Rafinesque) Delle Chiaje

Ulva olivascens Dangeard
Ulva rigida C. Agardh

FUCOPHYCEAE

Carpomitra costata (Stackhouse) Batters - unilocular sporangia
Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbès et Solier
Cystoseira usneoides (Linnaeus) Roberts
**Desmarestia dresnayi* Lamouroux ex Leman
Dictyota dichotoma (Hudson) Lamouroux var. *dichotoma*.
Halopteris filicina (Grateloup) Kützing
Laminaria ochroleuca La Pylaie.
**Myriactula rivulariae* (Suhr) J. Feldmann - unilocular sporangia
Padina pavonica (Linnaeus) Lamouroux - sporangia
Saccorhiza polyschides (Lightfoot) Batters
Sargassum vulgare C. Agardh - receptacles
Sphacelaria cirrosa (Roth) C. Agardh - unilocular and plurilocular organs, propagules
**Sphacelaria plumula* Zanardini
Zonaria tournefortii (Lamouroux) Montagne - sporangia

RHODOPHYTA

Acrosorium venulosum (Zanardini) Kylin
**Aglaothamnion byssoides* (Arnott et Harvey in Hooker) L'Hardy-Halos et Rueness - tetrasporangia, spermatangia, gonimoblasts
**Amphiroa cryptarthrodia* Zanardini - conceptacles
Amphiroa rigida Lamouroux - conceptacles
Antithamnion algeriense Verlaque et Seridi
Antithamnion cruciatum (C. Agardh) Nägeli var. *profundum* G. Feldmann
**Antithamnion heterocladum* Funk
**Aphanocladia stichidiosa* (Funk) Ardré
**Apoglossum ruscifolium* (Turner) J. Agardh
**Asparagopsis armata* Harvey - cystocarps
Balliella cladoderma (Zanardini) Athanasiadis
**Boergeseniella fruticulosa* (Wulfen) Kylin - tetrasporangia, cystocarps
Callophyllis laciniata (Hudson) Kützing
**Ceramium codii* (Richards) G. Feldmann
**Ceramium echionotum* J. Agardh
Ceramium flaccidum (Harvey ex Kützing) Ardissone
Ceramium giacconei Cormaci et Furnari - tetrasporangia
Champia intricata (Clemente) Cremades - tetrasporangia, cystocarps
Corallina elongata Ellis et Solander
Crouania attenuata (Bonnemaison ex C. Agardh) J. Agardh
**Cryptonemia lomation* (Bertolini) J. Agardh - tetrasporangia
**Dasya corymbifera* J. Agardh

Dasya hutchinsiae Harvey
Dasya rigidula (Kützing) Ardissone
**Erythroglossum sandrianum* (Zanardini) Kylin
Erythrotrichia carnea (Dillwyn) J. Agardh
"*Falkenbergia rufolanosa* (Harvey) Schmitz" stadium (sporophyte of *Asparagopsis armata* Harvey)
Fauchea repens (C. Agardh) Montagne
**Gracilaria bursa-pastoris* (Gmelin) Silva - cystocarps
**Halichrysis depressa* (Montagne *in* J. Agardh) Bornet - cystocarps
**Haraldia lenormandii* (Derbès et Solier) J. Feldmann - cystocarps
**Heterosiphonia crispella* (C. Agardh) Wynne
**Hydrolithon cruciatum* (Bressan) Y. Chamberlain
**Hypoglossum hypoglossoides* (Stackhouse) Collins et Hervey - tetrasporangia, cystocarps, spermatangia
Kallymenia requienii J. Agardh - gonimoblasts
Liagora viscida (Forsskål) C. Agardh
**Monosporus pedicellatus* (J.E. Smith) Solier in Castagne - monosporangia
Jania rubens Lamouroux - conceptacles
Peyssonnelia coriacea J. Feldmann
**Peyssonnelia* group *harveyana* P.L. et H.M. Crouan
Peyssonnelia squamaria (Gmelin) Decaisne
**Pleonosporium borreri* (J.E. Smith) Nägeli
**Plocamium cartilagineum* (Linnaeus) Dixon
**Polyneura bonnemaisonii* (C. Agardh) Maggs et Hommersand ?
**Polysiphonia setacea* Hollenberg
**Pterosiphonia parasitica* (Hudson) Falkenberg
Pterothamnion crispum (Ducluzeau) Nägeli - tetrasporangia
Pterothamnion plumula (Ellis) Nägeli
Ptilothamnion pluma (Dillwyn) Thuret *in* Le Jolis
**Scinaia interrupta* (De Candolle)Wynne
**Sebdenia rodrigueziana* (J. Feldmann) Parkinson
Sphaerococcus coronopifolius Stackhouse
Stylonema alsidii (Zanardini) Drew
Stylonema cornu-cervi Reinsch

Observations

Desmarestia dresnayi Lamouroux ex Leman
(Desmarestiaceae, Fucophyceae)

A sporophyte of *Desmarestia dresnayi* was collected at 37 m depth, on a gravel bottom where the algal covering was formed mainly by *Kallymenia requienii*; other species well represented in the area were *Halichrysis depressa, Peyssonnelia coriacea, Sebdenia rodrigueziana, Laminaria ochroleuca, Halopteris filicina, Carpomitra costata, Cryptonemia lomation.*

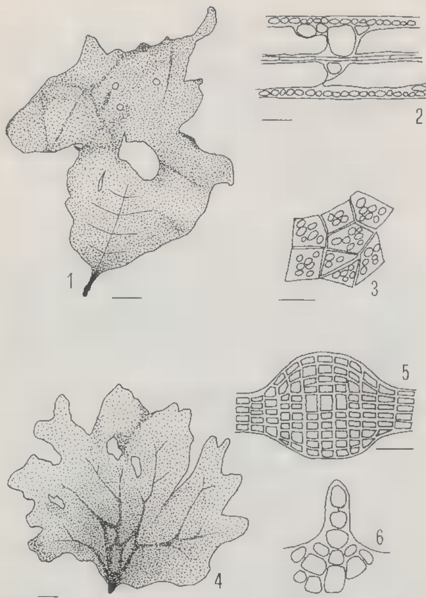


Fig. 1-3. - *Desmarestia dresnayi* Lamouroux ex Leman. Fig. 1. Habit. Scale bar = 10 mm. Fig. 2. Transverse section of the thallus. Scale: bar = 20 µm. Fig. 3. Surface view of the blade, showing cells with several discoid plastids. Scale: bar = 10 µm.

Fig. 4-6. *Polyneura bonnemaisonii* Maggs et Hommersand ? Fig. 4. Habit. Scale: bar = 10 mm. Fig. 5. transverse section of the blade in a macroscopic vein. Scale: bar = 180 µm. Fig. 6. A marginal tooth. Scale: bar = 20 µm.

D. dresnayi was attached to the substrate by a conical holdfast, from which a short (10 mm) stipe arised (Fig. 1). The thallus was about 100 mm high and 70 mm broad, and it looked ripped and perforated at the upper extremity; basally the blade showed a midrib starting from the stipe and branching into opposite, primary veins. In section (Fig. 2) the thallus was 60-70 µm thick and showed three layers: an outer epidermal layer was formed by 1 or 2 rows of bigger, varying in size, colourless cells and the innermost layer comprised a central axial filament. In surface view, superficial cells were polyhedric, generally rectangular, 10-15 µm long and 5-10 µm broad, and contained several discoid plastids without pyrenoids (Fig. 3); sporangia were not observed.

Polyneura bonnemaisonii (C. Agardh) Maggs et Hommersand ?
(Delesseriaceae, Rhodophyta)

On a rocky bottom at 18 m depth, densely inhabited by *Sphaerococcus coronopifolius, Kallymenia requienii* and *Peyssonnelia squamaria*, we collected some sterile flattened red algal thalli which could belong to *Polyneura bonnemaisonii* (C. Agardh) Maggs et Hommersand. Other species of Delesseriaceae show [redacted] vegetative morphology close to *P. bonnemaisonii*; among them a similar geographical distribution is presented by *Erythroglossum laciniatum* (Lightfoot) Maggs et Hommersand (= *Polyneura laciniata* (Lightfoot) Dixon), but this species shows usually more deeply divided blades. Fertile material would be however helpful to confirm the determination [*P. bonnemaisonii* is different from *E. laciniatum* in the arrangement of the tetrasporangial and spermatangial sori and in the ornementation of the cystocarps, (Maggs & Hommersand, 1993)].

Fronds were epiphytized by *Pterothamnion plumula* and showed some perforations; they consisted of an expanded blade, fan shaped, about 100 mm tall and 70-100 mm broad (Fig. 4), terminal on a short (2-3 mm) stipe.

The blades were crossed by a network of polystromatic macroscopic veins starting from the base of the thallus and anastomosing, distally decreasing in microscopic veins. In mature parts, the fronds, formed by 4 cell layers, were about 180 µm thick, increasing up to 600 µm in the macroscopic veins (Fig. 5). Blade margins showed numerous denticulate proliferations; with apical cells transversely dividing (Fig. 6). In surface view polygonal cells, about 40 µm long and 30 µm broad, contained several plate-like plastids.

Polysiphonia setacea Hollenberg
(Rhodomelaceae, Rhodophyta)

Some filaments of *Polysiphonia setacea* were observed on basal parts of *Zonaria tournefortii* and *Sphaerococcus coronopifolius* at 25 [redacted] depth. Collected specimens did not bear tetrasporangia, that are the only reproductive structure known in this species (Hollenberg, 1968); they were well characterized, however, by the whole of the following features:

- thalli of *P. setacea* formed an extensive system of prostrate axes, from which poorly ramified erect branches arised (Fig. 7, 8);

- prostrate axes were attached to the substrate by multicellular rhizoids (Fig. 9), cutting off as separate cells from the distal end of the pericentral cells in every segments (Fig. 11);

- in the erect branches pericentral cells were arranged in slightly oblique longitudinal rows (Fig. 12);

- filaments were about 70 µm thick (up to 100 µm in the mature prostrate axes);

- every cell contained numerous little, slightly elongate plastids, irregularly disposed;

- trichoblasts were 1-4 times dichotomously branched, abundant but fast deciduous (Fig. 13); falling, they left persistant scar-cells, arranged in ■ ¼ spiral sequence, one per segment in the erect parts, one every 1-3 segments in the creeping axes.

DISCUSSION

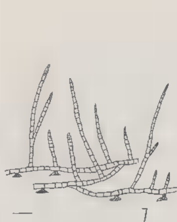
A total of 72 species were recorded in this study, 35 of which were new for the Isle of Alboran. Thus the floristic list increases from 125 (Soto-Moreno & Conde-Poyales, 1993) to 160 recorded taxa.

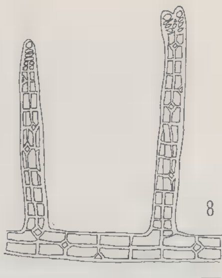
Among the new species only few (*Antithamnion heterocladum, Cryptonemia lomation, Sebdenia rodrigueziana*) have ■ geographical distribution restricted to the Mediterranean, while the most part is more or less widely diffused both in the Mediterranean and in the Atlantic. Some other species like *Desmarestia dresnayi* and *Polyneura bonnemaisonii* ?, common in the Atlantic, are instead rare in the Mediterranean.

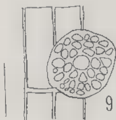
D. dresnayi is a commonly diffused species in the Eastern Atlantic from Scotland to Northern Spain. In this area sporophytes of *D. dresnayi* live from May to September epilithic on small stones and shells embedded in gravels in the sublittoral, in areas of moderate to strong water current (Fletcher, 1987). In the Mediterranean, this species has been previously recorded only in the Straits of Messina (Drew & Robertson, 1974), where *D. dresnayi* occurs in areas characterized by cold waters and strong currents; particularly it was observed associated with *Laminaria ochroleuca*, between 60 m and 65 m depth (UNEP/IUCN/GIS Posidonie, 1990).

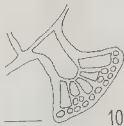
P. bonnemaisonii has been reported for the Northern Europe from Shetland Isles to Portugal (South & Tittley, 1986). Records of this species in the Mediterranean are few and uncertain (Giaccone, 1972b; Conde & Soto, 1986, as *Polyneura hilliae* (Greville) Kylin). In the Atlantic, blades of *P. bonnemaisonii*, annuals on perennial stipes, are common in the sublittoral up to 19 m depth, epilithic or epiphytic in the kelp forests, where this species is an usual epiphyte on the stipes of *Laminaria hyperborea* (Maggs & Hommersand, 1993).

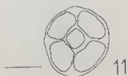
Both *D. dresnayi* and *P. bonnemaisonii* seem to be species tolerant of strong hydrodynamism; at the Isle of Alboran these species find probably favourable habitats only on deep substrates, where typically atlantic communities occur, like kelp forests of *Laminaria ochroleuca*. In the Isle they were hitherto unknown probably because previous studies mainly concerned the shallow vegetation.

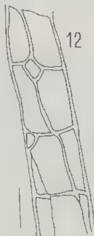

7


8


9


10


11


12


13

Polysiphonia setacea is a widely diffused species in the tropical zones of the Pacific and Atlantic Oceans (Hollenberg, 1968; Oliveira-Filho & Cordeiro-Marino, 1970; Egerod, 1971; Schnetter & Bula-Meyer, 1982; Wynne, 1986). In the Mediterranean, *P. setacea* was first recorded by Verlaque (1989) on Var (Southern France) coasts; later this species was also found in Corse (Verlaque, 1990), in several localities of North Western Italy (Airoldi *et al.*, 1994) and at the Isle of Lampedusa (Sicily Channel) (Cormaci *et al.*, 1993). Recently some filaments of *P. setacea* were recognized in material coming from Palinuro (South Western Italy) and Milos (Aegean Sea, Greece) (Rindi, pers. observ.). At the Isle of Alboran this alga is represented only by few epiphytic filaments and does not seem as abundant as in other areas of the Mediterranean. In the subtidal south of Livorno (Western Italy), for example, this species occurs throughout the year and it dominates the substrate from 10 m to 40 m depth. Previous works in this [redacted] (Airoldi *et al.*, in press) suggest that *P. setacea* by forming a dense turf may inhibit the recruitment of other algae. A similar phenomenon was observed in the region of Galeria (Corse) (Rodriguez Prieto *et al.*, 1993). According to Verlaque (1989), *P. setacea* would have been accidentally introduced in the Mediterranean; at present, because of the amplitude of its known distribution area and the density of its populations, it seems well acclimatized and in phase of expansion. The Alboran record is so far the most western, and it seems that by now this species is largely diffused in the Western Mediterranean.

From the biogeographical point of view, we observed an abundant occurrence of both mediterranean taxa like *Kallymenia requienii*, *Peyssonnelia coriacea*, *Peyssonnelia squamaria*, *Sebdenia rodrigueziana*, and of species typical of Atlantic European shores, like *Cystoseira usneoides* and *Saccorhiza polyschides* in the shallow vegetation, and *Carpomitra costata* and *Laminaria ochroleuca* more deeply. These results are consistent with previous observations of other authors, emphasizing the atlantic affinities of the algal flora of the Isle of Alboran (Cinelli, 1985; Flores & Conde, 1987; Soto-Moreno & Conde-Poyales, 1993); more generally, they seem highlight the importance of the Alboran Sea as a transition zone between the Atlantic and the Mediterranean and point out the key position of the Isle of Alboran, as observed by Conde-Poyales (1989). This author, considering hydrological data of Cano (1978a, 1978b), suggests that the Isle would lie on the borderline between a western sector and an eastern one, respectively characterized by different phytogeographical affinities. Further studies, more detailed and extended to an annual cycle, are however necessary to evaluate this hypothesis and to obtain a more accurate floristic and ecological characterization of the area.

Fig. 7-13. *Polysiphonia setacea* Hollenberg. Fig. 7. Habit. Scale: bar = 500 µm. Fig. 8. Detail of [redacted] prostrate axis showing two young erect branches. Scale: bar = 100 µm. Fig. 9. Multicellular tip of a rhizoid. Scale: bar = 90 µm. Fig. 10. A multicellular rhizoid, cutting off [redacted] a separate cell from the distal end of a pericentral cell. Scale: bar = 50 µm. Fig. 12. Detail of an erect branch showing cells rows obliquely arranged. Scale: bar = 40 µm. Fig. 13. Apical portion of an erect branch bearing trichoblasts. Scale: bar = 70 µm.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank Prof. Mario Cormaci and Prof. Giovanni Furnari for the help given in the determination of some species; [redacted] are also grateful to Dr. Lisandro Benedetti-Cecchi, Dr. Laura Airoldo and Prof. Gianfranco Sartoni for the advices and the revision of the text.

REFERENCES

AIROLDI L., RINDI F. [redacted] CINELLI F., in press - Struttura e dinamica stagionale di un popolamento algale infralitorale da *Polysiphonia setacea* Hollenberg. *Giorn. Bot. Ital.*

AIROLDI L., RINDI F., PIAZZI L. & CINELLI F., 1994 - Recente diffusione di *Polysiphonia setacea* Hollenberg in Mediterraneo. *In Atti XXV Congresso SIBM. Riassunti.* University of Sassari, Sassari, p. 76.

CANO A., 1978a - Resultados de la campaña "Alborán 76". *Bol. Inst. Esp. Oceano.* 4 (247): 3-51.

CANO A., 1978b - Hidrología del Mar de Alborán en primavera-verano. *Bol. Inst. Esp. Oceano.* 4 (248): 51-67.

CINELLI F., 1985 - On the biogeography of the benthic algae of the Mediterranean. *In* Maria Moraitou-Apostopoulou & Vassili Kiortsis (Eds.), *Mediterranean Marine Ecosystems*, pp. 49-56.

CONDE F., 1984a - Contribución al conocimiento de la flora algal bentonica del Mar de Alborán. Islas Chafarinas. *Acta Bot. Malacitana* 9: 41-46.

CONDE F., 1984b - Catalogo de las algas macrobentonicas marinas de Malaga. *Acta Bot. Malacitana* 9: 47-78.

CONDE-POYALES F., 1989 - Ficogeografía del Mar de Alborán en el contexto del Mediterráneo Occidental. *An. Jard. Bot. Madrid* 46 (1): 21-26.

CONDE F. & SOTO J., 1986 - Notas corologicas del macrofitobentos de Andalucía (España). *Acta Bot. Malacitana* 11: 9-16.

CORMACI M., FURNARI G., ALONGI G. & SERIO D., 1993 - Tre interessanti ritrovamenti algologici nelle coste ittaliane. *In X Simposio Nacional de Botanica Criptogamica. Resumenes de las conferencias y comunicaciones.* University of La Laguna, La Laguna, Canary Islands, p. 46.

DREW E.A. & ROBERTSON W.A., 1974 - Direct observation of *Desmarestia dresnayi* Lamour. ex Leman in the British Isles and in the Mediterranean. *Brit. Phycol. J.* 9: 195-200.

EGEROD L., 1971 - Some marine algae from Thailand. *Phycologia* 10: 121-142.

ESTEVE F. & VARO J., 1972 - La Isla de Alborán. Vegetacion. *Publ. Univ. Granada*, pp. 83-97.

FLETCHER R.L., 1987 - *Seaweeds of the British Isles. Volume 3 Fucophyceae (Phaeophyceae). Part 1.* British Museum (Natural History), London, 359 p.

FLORES A. & CONDE F., 1987 - *Importancia del Estrecho de Gibraltar en el estudio de la biogeografía de los macrofitos bentónicos del Mar de Alboràn: nuevas contribuciones. In Actas Congreso Internacional "El Estrecho de Gibraltar", Ceuta, Noviembre 1987*, pp. 425-432.

GALLARDO T., GOMEZ-GARRETA A., RIBERA M.A., CORMACI M., FURNARI G., GIACCONE G. & BOUDOURESQUE C.F., 1993 - Check-list of Mediterranean seaweeds. II. Chlorophyceae Wille *s.l. Bot. Mar.* 36 (5): 399-421.

GARCIA-RASO E. & SALAS M.C., 1984 - Aportaciones al conocimiento de la fauna y flora litoral de la Isla de Alborán (España). *Jàbega* 45: 76-80.

GIACCONE G., 1972a - Struttura, ecologia [redacted] corologia dei popolamenti a Laminariae dello Stretto di Messina e del Messina e del Mare di Alborán. *Mem. Biol. Mar. Oceanograf.* 2: 37-59.

GIACCONE G., 1972b - Elementi di botanica marina II. *Pubbl. Ist. Bot. Univ. Trieste, serie didattica*, 357 p.

GIACCONE G., 1973 - Ecologie et chorologie des *Cystoseira* de Méditerranée. *Rapp. comm. Inst. Mer Médit.* 22: 49-50.

GIACCONE G. & BRUNI A., 1972-73 - Le cistoseire e la vegetazione sommersa del Mediterraneo. *Atti dell'istituto Veneto di scienze, lettere ed Arti* 131: 59-103.

GIACCONE G., COLONNA P., GRAZIANO C., MANNINO A.M., TORNATORE E., CORMACI M., FURNARI G. & SCAMMACCA B., 1985 - Revisione della flora marina di Sicilia e isole minori. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.* (18) 326: 537-781.

GONZALEZ-GARCIA J.A. & CONDE F., 1992 - *Sargassum desfontainesii* (Turner) J. Agardh (Fucales, Fucophyceae), primera cita para el Mediterráneo. *Acta Bot. Malacitana* 17: 250-251.

GONZALEZ-GARCIA J.A. & CONDE-POYALES F., 1993 - Estudio biogeografico de las Fucales y Laminariales atlánticas en el litoral mediterraneo de Marruecos. *Acta Bot. Malacitana* 18: 39-44.

HOLLENBERG G.L., 1968 - An account of the species of *Polysiphonia* of the central and western tropical Pacific Ocean. I. *Oligosiphonia*. *Pac. Sci.* 22: 56-98.

MAGGS C.A. & HOMMERSAND M.H., 1993 - *Seaweeds of the British Isles. Volume 1 Rhodophyta Part 3A Ceramiales.* The Natural History Museum, London, 443 p.

OLIVEIRA-FILHO E.C. De & CORDEIRO-MARINO M., 1970 - On the identity of *Lophosiphonia bermudensis* Collins et Hervey and *Dipterosiphonia rigens* (Schousboe) Falkenberg. *Phycologia* 9: 1-3.

PERES J.M., 1959 - Ascidies. Campagne de la Calypso en Mer d'Alborán et dans la baie Ibéro-Marocaine (1958). *Ann. Inst. Oceanogr.* 37: 295-313.

PICCONE A., 1884 - *Croceira del Corsaro alle isole Madera e Canarie del Capitano Enrico d'Albertis.* Ist. Sordo-Muti, Genova, 60 p., 1 pl.

RIBERA-SIGUAN M.A. & SOTTO-MORENO J., 1992 - Presencia de *Antithamnion algeriense* (Rhodophyta, Ceramiales) en las costas espanolas. *Cryptogamie, Algol.* 13 (1): 25-30.

RIBERA M.A., GOMEZ-GARRETA A., GALLARDO T., CORMACI M., FURNARI G. & GIACCONE G., 1992 - Check-list of Mediterranean seaweeds. I. Fucophyceae (Warming, 1884). *Bot. Mar.* 35 (2): 109-103.

RICHARD J. & NEUVILLE H., 1897 - Sur l'Histoire Naturelle de l'Ile d'Alboran. *Extr. Mém. Soc. Zoo. France* 10: 75-87.

RODRIGUEZ PRIETO C., BOUDOURESQUE C.F., MARCOT-COQUEUGNIOT J., 1993 - Nouvelles observations sur les algues marines du Parc naturel régional de Corse. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse, Fr.* 41: 53-61.

SARTONI G., 1992 - *Stichothamnion cymatophyllum* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). A new record for Mediterrancan algal flora. *Cryptogamie, Algol.* 13 (1): 39-43.

SARTONI G. & BODDI S., 1989 - *Acrospongium ralfsioides* Schiffner and *Ralfsia expansa* (J. Agardh) J. Agardh (Ralfsiaceae, Phaeophyta): two new records from Alboran Sea. *Giorn. Bot. Ital.* 123: 145-155.

SCHNETTER R. & BULA-MEYER G., 1982 - *Marine algen den Pazifikküste von Kolombien. Chlorophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyceae.* Bibliotheca Phycologica 60. J. Cramer, Vaduz, 287 p.

SOTO J. & CONDE F., 1989 - Catálogo florístico de las algas bentónicas marinas del litoral de Almería (Sureste de España). *Bot. Complutensis* 15: 61-83.

SOTO-MORENO J., 1991- Datos sobre la flora y corología algal [redacted] el Mediterráneo de Andalucía (España): litoral de Granada. *Anales de Biol.* 17 (Biologia Vegetal, 6) 1991: 105-108.

SOTO-MORENO J. & CONDE-POYALES F., 1993 - Datos sobre la flora algal bentonica de la Isla de Alborán (Mar de Alborán, Mediterraneo occidental). *Cryptogamie, Algol.* 14 (4): 183-190.

SOUTH G.R. & TITTLEY I., 1986 - *A checklist and distributional index of the benthic marine algae of the North Atlantic Ocean*. Huntsman Marine Laboratory and British Museum (Natural History), St. Andrews and London, 76 p.

UNEP/IUCN/GI Posidonie, 1990 - *Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée*. MAP Technical Report Series No 43, UNEP, Athens, 250 p.

VERLAQUE M., 1989 - Contribution à la flore des algues marines de Méditerranée: espèces rares ou nouvelles pour les côtes françaises. *Bot. Mar.* 32 (2): 101-113.

VERLAQUE M., 1990 - Flore benthique de la région de Galeria. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse, Fr.* 29: 77-88.

WYNNE M.J., 1986 - A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Can. J. Bot.* 64 (10): 2239-2281.

COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LAS ARRIBAZONES ALGALES EN EL CARIBE MEXICANO

Gerardo CASTILLO ARENAS[1] y Kurt M. DRECKMANN[1,2]

[1] Grupo de Macroalgas Marinas Tropicales. Dpto de Hidrobiología, UAM-Iztapalapa. Apdo. Postal 55-535, México 09340, D.F.
[2] Correspondencia

RESUMEN - Las arribazones algales consisten en la llegada al litoral de grandes cantidades de macroalgas. Identificamos 40 especies de macroalgas [redacted] las arribazones de Cancún y Puerto Morelos. De éstas, 25 son explotables; 22 son estacionales y 15 son perennes. En Punta Cancún las arribazones empiezan a principios de agosto y terminan los primeros días de noviembre; en Puerto Morelos comienzan la primera semana de noviembre y disminuyen hacia fines de febrero. Es muy posible que las especies provengan de la zona comprendida entre el litoral de Punta Cancún, Puerto Morelos y las islas Mujeres y Cozumel,. La temporada ciclónica parece estar fuertemente relacionada [redacted] este fenómeno.

ABSTRACT - Floating masses of macroalgae in large amounts are described as arrivals on the shores of Cancún and Puerto Morelos State of Quintana Roo, Mexican caribbean. In this study we have identified 40 species of unattached macroalgae as composing this drifts. 25 species of the total have commercial potential; 22 species are annuals, and 15 are perennials. In Cancún these drifts first appear in August and fade away by the first half of November, whereas in Puerto Morelos they begin around the first week of November and disappear towards late February. It is very likely that the species source would be the strait located between Punta Cancún, Puerto Morelos and Mujeres and Cozumel Islands. Hurricane seasons are closely related to this phenomenon.

INTRODUCCIÓN

Las arribazones algales consisten en la llegada a la playa o a las riberas de lagunas costeras y estuarios, de grandes cantidades de macroalgas *sensu lato* (es decir, pertenecientes a cualquiera de los phylla Chlorophyta, Phaeophyta o Rhodophyta). Dependiendo de la localización geográfica, del stock ficoflorístico cercano y de la estacionalidad de las especies algales involucradas, éstas serán mono o poliespecíficas; es decir, compuestas de una o más especies. Aunque existen antecedentes sobre estudios del potencial económico, recursos disponibles e incluso evaluación de mercados para los recursos de arribazones en otras partes del mundo (Diaz-Piferrer & Caballer de Perez, 1964; Stekoll & Roberts, 1993; Roberts & Stekoll, 1993), y a pesar de lo común de éstos fenómenos, no existen, en la literatura pertinente a México, antecedentes que informen acerca de la composición taxónomica, causas y mecanismos, estacionalidad, regionalización, origen de las especies involucradas y usos potenciales.

Todos los datos sobre la presencia del fenómeno en el litoral del Atlántico y Caribe mexicano, provienen de observaciones ocasionales de ficólogos u otros especialistas.

De acuerdo a dicha información, las arribazones presentes en el litoral del estado de Quintana Roo, Caribe mexicano parecen ser las más espectaculares en términos de diversidad y abundancia; destacan aquellas observadas en Cancún y Puerto Morelos. Dado lo anterior, nos propusimos iniciar su estudio con la determinación de la composición taxonómica en ambas localidades.

MATERIAL Y MÉTODO

El material algal fué colectado en Punta Cancún (Fig. 1) el 4 de agosto y 5 de noviembre de 1993; y [redacted] Puerto Morelos (Fig. 1) el 5 de noviembre de 1993 y el 26 de febrero de 1994; sin embargo, en julio de 1992 se observó la arribazón en Punta Cancún, identificandose y fotografiandose las especies *in situ*. En ambas localidades, se procedió a tomar manualmente los talos algales de los montones depositados [redacted] la playa; éstos fueron colocados en cubetas con agua de mar para evitar la deshidratación y transladados al laboratorio para su identificación. Duplicados del material fueron secados al sol para obtener una idea del peso o biomasa involucrados. El estudio de los caracteres se hizo mediante cortes transversales y longitudinales hechos con una navaja de rasurar de doble filo y observados al microscópio compuesto.

Información adicional por especie: TM = Talla macroscópica (de 10 a más de 40 cm); TP = Talla pequeña (desde algunos micrómetros hasta 5-6 cm. Generalmente epífitas de las anteriores); AGA = Fuente de Agar; CAR = Fuente de Carrageninas; ALG = Fuente de Alginatos; ANT = Con propiedades antibióticas; FER = Util como Biofertilizante; PER = Perennes (Mateo-Cid & Mendoza-Gonzales, 1991; Mendoza-Gonzalez & Mateo-Cid, 1992); EST = Estacionales (Mateo-Cid & Mendoza-Gonzales, 1991: Mendoza-Gonzales & Mateo-Cid, 1992).

RESULTADOS

Chlorophyta
Siphonocladales

Cladophoropsis membranacea (C. Agardh) Børgesen. UAMIZ-400 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-470 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TP. EST.

Dictyosphaeria cavernosa (Forsskål) Børgesen. UAMIZ-464 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). Asociada a *Cladophoropsis membranaceae*. TP. EST.

Valonia macrophysa Kützing. UAMIZ-466 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo 05.11.93). TP. EST.

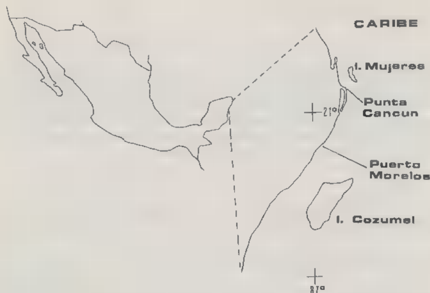


Fig. 1. - Area de estudio

Valonia ocellata Howe. UAMIZ-465 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TP. EST.

Ventricaria ventricosa (J. Agardh) Olsen & West. UAMIZ-398 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-467 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TP EST. Esta especie era conocida con el nombre de *Valonia ventricosa* (Olsen & West, 1988).

Orden Cladophorales

Cladophora catenata (Linnaeus) Kützing. UAMIZ-401 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TP. PER.

Cladophora prolifera (Roth) Kützing. UAMIZ-571 (I. Stout y K.M. Dreckmann, Puerto Morelos, Q. Roo. 26.02.94). Epifita de *Digenea simplex*. TP.

Orden Caulerpales

Codium isthmocladum Vickers. UAMIZ-409 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93).TM. ANT. PER.

Codium repens P. & H. Crouan ex Vickers. UAMIZ-402 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TP. ANT. PER.

Caulerpa prolifera (Forsskål) Lamouroux. UAMIZ-460 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. ANT. EST.

Udotea flabellum (Ellis & Solander) Lamouroux. UAMIZ-463 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo.05.11.93). TM. ANT. EST.

Udeota javensis Montagne) A. & E.S. Gepp. UAMIZ-399 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93.). TP. Esta especie no había sido registrada para la zona del Caribe mexicano; sin embargo, la naturaleza "desprendida" de las algas de estas arribazones, [redacted] permite asignarle un valor biogeográfico. Material adicional permitirá establecer con mayor seguridad las relaciones de ésta con el material de Tailandia estudiado por Egerod (1975). Asociada a *Cladophoropsis membranacea*.

Phaeophyta
Orden Dictyotales

Dictyota divaricata Lamouroux UAMIZ-468 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. FER. PER.

Dictyota linearis (C. Agardh) Greville. UAMIZ-392 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TM. FER. PER.

Lobophora variegata (Lamouroux) Womersley. UAMIZ-455 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93); UAMIZ-572 (I. Stout y K.M. Dreckmann, Puerto Morelos, Q. Roo. 26.02.94). TM. FER. PER.

Padina boergesenii Allender & Kraft. UAMIZ-396 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TM. FER. EST.

Stypopodium zonale (Lamouroux) Papenfuss. UAMIZ-394 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TM. FER. PER.

Orden Fucales

Sargassum filipendula C. Agardh. UAMIZ-390 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TM. ALG.FER.EST (solo en cuanto [redacted] los ejes adultos. El género presenta un pié de fijación perenne).

Sargassum fluitans Børgesen. UAMIZ-405 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-453 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93); UAMIZ-574 (I. Stout y K.M. Dreckmann, Puerto Morelos, Q. Roo. 26.02.94). TM. ALG. FER. PER.

Sargassum furcatum Kützing. UAMIZ-393 (F. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-451 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. ALG. FER. EST (Sólo en cuanto a ejes adultos. El género presenta un pié de fijación perenne). Este es un nuevo registro para el litoral de Quintana Roo. Sólo había sido reportada para Isla Mujeres (Mendoza-Gonzales & Mateo-Cid, 1992); es muy probable que, como el caso de *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, una especie eminentemente invasora (Aguilar & Aguilar, 1985) en el Pacífico templado, nos encontremos ante una entidad en pleno periódo de dispersión.

Sargasssum hystrix J. Agardh var. *buxifolium* Chauvin *in* J. Agardh. UAMIZ-448 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93).TM. ALG. FER. EST (Sólo en cuanto a ejes adultos. El género presenta un pié de fijación perenne).

Sargassum platycarpum Montagne. UAMIZ-395 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). La identidad de este taxón es incierta dado que el material [redacted] estéril; [redacted] asignó el nombre de acuerdo a los criterios vegetativos usados por Taylor (1960). TM. ALG. FER. EST (Sólo [redacted] cuanto a ejes adultos. El género presenta un pié de fijación perenne).

Sargassum polyceratium Montagne. UAMIZ-499 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. ALG. FER. PER. La otra variedad presente en la zona (*S. polyceratium* var. *ovatum*) es, sin embargo, estacional (Mateo-Cid & Mendoza-Gonzales, 1991; Mendoza-Gonzales & Mateo-Cid, 1992).

Sargassum rigidulum Kützing. UAMIZ-454 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. ALG. FER. EST (Sólo en cuanto a ejes adultos. El género presenta [redacted] pié de fijación perenne).

Turbinaria tricostata Barton. UAMIZ-404 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-450 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. ALG. FER. EST. Figura 8.

Turbinaria turbinata (Linnaeus) O. Kuntze. UAMIZ-403 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-452 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93); UAMIZ-573 (I. Stout y K.M. Dreckmann, Puerto Morelos, Q. Roo. 26.02.94). TM. ALG. FER. EST.

Rhodophyta
Gracilariales

Hydropuntia cornea (J. Agardh) Wynne. UAMIZ-456 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93); UAMIZ-457 (idem); UAMIZ-458 (idem). TM. AGA. PER. Esta especie es también conocida como *Gracilaria cornea* (Wynne, 1989) y *Gracilaria debilis* (véase Bird *et al.*, 1986).

Hydropuntia crassissima (Crouan ex J. Agardh) Wynne. UAMIZ-501 (I. Stout, Puerto Morelos, Q. Roo 05.11.93). TM. AGA. EST. Esta especie es también conocida como *Gracilaria crassissima* y *Polycavernosa crassissima* (Wynne, 1989).

Gigartinales

Hypnea musciformis (Wulfen *in* Jacquin) Lamouroux. UAMIZ-471 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. CAR. EST.

Chondracanthus teedii (Roth) Lamouroux. UAMIZ-469 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TP. De acuerdo de Hommersand *et al.* (1993), este es el nombre correcto para *Gigartina teedii*.

Orden Ceramiales

Centroceras clavulatum (C. Agardh *in* Kunth) Montagne *in* Durieu de Maisonneuve. UAMIZ-411 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TP. EST.

Dasya crouaniana J. Agardh. UAMIZ-412 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TP. EST.

Heterosiphonia crispella (C. Agardh) Wynne. UAMIZ-414 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TP. EST. Esta especie fue conocida, hasta hace poco, como *H. wudermanni* (Wynne, 1986).

Heterosiphonia gibbesii (Harvey) Falkenberg. UAMIZ-413 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TP. EST.

Chondria cnicophylla (Melvill) De Toni. UAMIZ-406 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-407 (idem); UAMIZ-461 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93); UAMIZ-570 (I. Stout y K.M. Dreckmann, Puerto Morelos, Q. Roo. 26.02.94). TM. CAR. EST.

Digenea simplex (Wulfen) C. Agardh. UAMIZ-571 (I. Stout y K.M. Dreckmann, Puerto Morelos, Q. Roo. 26.02.94). Asociada a *Cladophora prolifera*. TM. AGA. PER.

Herposiphonia secunda (C. Agardh) Falkenberg f. *tenella* (C. Agardh) Wynne. UAMIZ-410 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-416 (idem); UAMIZ-459 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TP. PER.

Laurencia obtusa (Hudson) Lamouroux. UAMIZ-397 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93) TM. CAR. PER.

Laurencia papillosa (C. Agardh) Greville. UAMIZ-415 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93). TM. CAR. PER.

Laurencia poiteaui (Lamouroux) Howe. UAMIZ-408 (G. Castillo, Punta Cancún, Q. Roo. 04.08.93); UAMIZ-462 (G. Castillo, Puerto Morelos, Q. Roo. 05.11.93). TM. CAR. EST.

El taxón más abundante fué el género *Sargassum*, con 7 spp. y mas del 80% de peso seco por cada kilogramo colectado, lo que coincide con lo encontrado por de Olivera *et al.* (1979) para Brasil. Las arribazones de ambas localidades se presentan todo el año, con dos picos de alta diversidad alrededor de los meses de julio-agosto y octubre-noviembre. En ambas localidades, y entre los meses pico, las arribazones son poliespecíficas; el resto del año son oligoespecíficas. De las 40 spp. encontradas, 25 son de tallas grandes y, por lo tanto suceptibles de ser explotadas; 14 son pequeñas y más dificiles de usar como recurso; 22 son estacionales en términos de presencia-ausencia a lo largo del año; 15 son perennes y 25 (las mismas 25 de talla grande) tienen algún uso reportado en la literatura.

En Punta Cancún, las arribazones se presentaron alrededor del 5 de noviembre de 1993. En Puerto Morelos hay arribazones para el 5 de noviembre de 1993 y, ya para el 26 de febrero de 1994, éstas han disminuido al grado de estar constituidas por frag-

mentos de *Chondria cnicophylla*, *Sargassum* spp. y *Turbinaria* spp. (especies presentes a lo largo del año). A ésto podemos agregar que, de acuerdo a la información confiable brindada por el personal académico residente en la Etación del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (Universidad Nacional Autónoma de México, Estación Puerto Morelos) y del CIQRO (Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal), el fenómeno es constante a lo largo del año y con períodos de disminución que coinciden con nuestras observaciones.

Ambas localidades se encuentran frente a una zona de origen de ciclones y tormentas tropicales y en el blanco de las direcciones vectoriales principales de los mismos (Britton & Morton, 1989). La temporada ciclónica se extiende desde junio a noviembre, siendo el mes de mayor frecuencia el de septiembre, seguido de cerca por agosto (Britton & Morton, 1989). La circulación costera de las corrientes superficiales es paralela al litoral y con dirección norte durante todo el año; también se presentan contracorrientes pequeñas adyacentes a la playa (Merino, 1986). Mientras Punta Cancún está en una pequeña península bordeada por riscos y expuesta, Puerto Morelos se encuentra en una playa larga y protegida tanto por una barrera arrecifal como por la Isla Cozumel. Así, tanto la periodicidad como la cantidad de las arribazones se encuentran fuertemente relacionadas a los huracanes y ciclones característicos de la zona.

Excepto por *Udotea javensis*, las restantes 39 especies forman parte de la flora algal de la Región Atlántica Tropical Oeste, comprendida desde el norte de la península de la Florida hasta el sur de Brasil (Joosten & van den Hoek, 1986), descrita por Taylor (1960) y posteriormente actualizada por Wynne (1986). Asimismo, forman parte de la flora cubana (Suarez, 1973), y de la descrita para el litoral [redacted] islas de Quintana Roo por Huerta & Garza (1980), Mateo-Cid & Mendoza-Gonzales (1991), Mendoza-Gonzales (1992). Localmente, parte de éste elenco había sido reportado por Aguilar *et al.* (1992) para Puerto Morelos. Si a ésto agregamos el patrón general de circulación de las corrientes superficiales descrito por Merino (1986), es muy posible que las especies provengan de la zona comprendida entre Punta Cancún, Puerto Morelos y las Mujeres y Cozumel. Por otro lado, es evidente que las arribazones terminan en Cancún justo cuando empiezan [redacted] Puerto Morelos. Tal discrepancia para lugares tan próximos puede atribuirse, preliminarmente, a dos causas: 1) el patrón general de corrientes superficiales descrito (Merino, 1986) debe ser más complejo en lo referente a las contracorrientes litorales, y 2) las corrientes oceánicas provenientes de las Antillas (como sugiere la localización de las arribazones en Puerto Rico, descritas por Diaz-Piferrer & Caballer de Perez, 1964), alcanzan primero a Isla Mujeres y áreas circunvecinas, arrojando talos algales en Punta Cancún (única punta sobresaliente en la zona) y, alrededor de los a tres meses despues, comienzan [redacted] tener efecto sobre las poblaciones cercanas a Isla Cozumel y Puerto Morelos. La anterior hipotesis sugiere que las arribazones de ambas locali-dades tienen diferente origen.

Durante el presente estudio, no fué encontrado ningún talo algal de talla macroscópica con pié de fijación (estructura basal de adhesión al sustrato); ésto sugiere que las especies se desprenden como producto de una interacción entre la dinámica oceanográfica (corrientes superficiales predominantes y temporada ciclónica) y la estructura por edades y estacionalidad de las propias especies. Es decir, para la época en que comienza la temporada ciclónica, una gran cantidad de especies tanto estacionales como perennes (pero con renovación anual de ramas) liberan ejes o talos completos

que son arrastrados por las corrientes y depositados finalmente en la playa como producto directo de las contracorrientes de zonas someras, como las descritas por Merino (1986), y por los efectos de convergencia asociados a las puntas o cabezas de bahía (Britton & Morton, 1989).

La marcada estacionalidad del fenómeno, alta diversidad algal involucrada y la biomasa comprometida, hace pensar en el valor ecológico que éstos puedan tener. Es decir, la productividad primaria y secundaria asociada debe ser suficiente como para sostener una comunidad propia que puede o no ser dependiente de la arribazón, como ha sido sugerido por Charner Benz *et al.* (1979) y Oliveira *et al.* (1979). Sería interesante, en este sentido, investigar si las arribazones son un sistema autónomo, para lo cual es indispensable estudiar, entre otras cosas, la viabilidad reproductiva de las especies.

AGREDECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Ilsa Stout, Laura Morquecho, Abel Sentíes y Juán Meráz Hernando (UAM-I), Mario Lara y Carlos Garcia Saenz (UNAM, ICMyL Puerto Morelos) por la colaboración [redacted] el trabajo de campo. Por último, a Federico Flores Andolais y Antonio Toledano (UNAM, ICMyL Puerto Morelos) por brindarnos la hospitalidad y facilidades de la Estación a su cargo.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR ROSAS L.E., AGUILAR ROSAS M.A., PEDROSO CEDILLO A.G. & FERNANDEZ PRIETO J.A., 1992 - Adiciones a la flora marina del Caribe Mexicano. *Acta Botánica Mexicana* 19: 77-84.

AGUILAR ROSAS R. & AGUILAR ROSAS L.E., 1985 - *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Fucales, Phaeophyta) en las costas de Baja California, México. *Ciencias Marinas* (Méx.) 11: 127-129.

BIRD C.J., DE OLIVEIRA F.E.C. & McLACHLAN J., 1986 - *Gracillaria cornea*, the correct name for the western Atlantic alga hitherto known as *G. debilis* (Rhodophyta, Gigartinales). *Can. J. Bot.* 64: 2045-2051.

BRITTON J.C. & MORTON B., 1989 - *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. University of Texas Press. Austin, 387 p.

CHARNER BENZ M., EISEMAN N.J. & GALLAHER E.E., 1979 - Seasonal occurrence and variation in standing crop of a drift algal community in the Indian River, Florida. *Bot. Mar.* 22: 413-420.

DIAZ-PIFERRER M. & CABALLER DE PEREZ C., 1964 - *Taxonomía, ecología y valor nutricional de algas marinas de Puerto Rico: Algas productoras de agar.* Administración de Fomento Económico y Colegio de Agricultura y Artes Mecánicas, Universidad de Puerto Rico. Mayaguez. 145 p.

EGEROD L., 1975 - Marine algae of the Andaman Sea Coast of Thailand: Chlorophyceae. *Bot. Mar.* 28: 41-66.

HOMMERSAND M.D., GUIRY M.D., FREDERICQ S. & LEISTER G.L., 1993 - New perspectives in the taxonomy of the Gigartinaceae (Gigartinales, Rhodophyta). *Hydrobiologia* 260/261: 105-120.

HUERTA M.L. & GARZA B.A., 1980 - Contribución al conocimiento de la flora marina de la zona [redacted] del litoral de Quintana Roo, México. *Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México* 23: 25-44.

JOOSTEN A.M.T. & VAN DEN HOEK C., 1986 - World-wide relationships between red seaweed floras: a multivariate approach. *Bot. Mar.* 29: 195-214.

MATEO-CID L.E. & MENDOZA-GONZALEZ A.C., 1991 - Algas marinas bénticas de la isla Cozumel, Quintana Roo, México. *Acta Botanica Mexicana* 16: 57-87.

MENDOZA-GONZALES A.C. & MATEO-CID L.E., 1992 - Algas marinas bentónicas de Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Acta Botánica Mexicana* 19: 37-61.

MERINO I.M., 1986 - Aspectos de la circulación costera superficial del Caribe mexicano con base en observaciones utilizando tarjetas de deriva. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México* 13: 31-46.

OLIVEIRA F.E.C. DE, UGADIM Y. & DE PAULA E.J., 1979 - Associated epibiota on *Sargassum* floating on the waters of the Brazilian current - Biogeographical remarks. *Bol. Botanica, Univ. S. Paulo* 7: 5-9.

OLSEN J.L. & WEST J.A., 1988 - *Ventricaria* (Siphonocladales-Cladophorales complex, Chlorophyta), [redacted] new genus for *Valonia ventricosa*. *Phycologia* 27: 103-108.

ROBERTS Jr. W.A. & STEKOLL M.S., 1993 - Commercial potential of seaweeds from St Lawrence Island, Alaska. II. Evaluation of market opportunities. *Journal of Applied Phycology* 5: 167-173.

STEKOLL M.S. & ROBERTS Jr. W.A., 1993 - Commercial poential of seaweeds from St Lawrence Island, Alaska. II. Evaluation of market opportunities. *Journal of Applied Phycology* 5: 167-173.

STEKOLL M.S. & ROBERTS Jr., W.A., 1993 - Commercial potential of seaweeds from St Lawrence Island, Alaska.I. The available resource. *Journal of Applied Phycology* 5: 161-165.

SUAREZ A.M., 1973 - Catálogo de algas cubanas. *Cent. Investigaciones Marinas*, Univ. Habana 8: 1-107 + 1-9 (suppl.).

TAYLOR W.R., 1960 - *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas*. University of Michigan Press, Ann Arbor. 870 p.

WYNNE M.J., 1986 - A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Canad. J. Bot.* 64: 2239-2281.

WYNNE M.J., 1989 - The re-instatement of *Hydropuntia* Montagne (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Taxon* 38: 476-479.

CHARA BAUERI A.Br., A CHAROPHYTE WITH A DISJUNCT DISTRIBUTION

Anders LANGANGEN [1] and Boris F. SVIRIDENKO [2]

1) Hallagerbakken 82 b, 1256 Oslo, Norway
2) Department of Botany, Omsk Gos. Pedagogical University, Tuchachevski 14, 644099 Omsk, Russia

ABSTRACT - *Chara baueri* has been found in Kazakhstan (1994) and Sweden (1849). Little is known about the recent distribution of the species in Europe, as no specimens have been collected since 1871. The species is also found in Australia, the last time in 1936. The disjunct distribution of this species most probably indicates relict [redacted] from a period when the species was continuously distributed from Europe to Australia. This view is supported by the find in Kazakhstan.

RÉSUMÉ - *Chara baueri* [redacted] été découvert en Suède (1849) [redacted] au Kazakhstan (1994). Peu de données concernent la répartition de cette espèce en Europe où aucun spécimen n'a été récolté depuis 1871. L'espèce [redacted] aussi été observée en Australie, pour la dernière fois en 1936. La répartition disjointe de cette espèce indique très probablement des aires relictes d'une période pendant laquelle l'espèce était répartie de façon continue de l'Europe à l'Australie. Ce point de vue s'appuie sur sa découverte dans le Kazakhstan.

РЕЗЮМЕ - Приведены описания образцов *Chara baueri A.Br.*, найденных в Швеции (1849) и в Казахстане (1994). О европейском распространении вида имеется мало сведений, так как после 1871 г. его не отмечали в этой части ареала. В 1936 г. вид был найден в нескольких пунктах Австралии. Находка [redacted] Казахстане подтверждает, что дизъюнкция ареала имеет реликтовый характер. Вероятно, в прошлом этот вид был распространен более широко от Европы до Австралии. Не исключено и то, что отмеченная популяция вида на севере Казахстана возникла вследствие инвазии из района основного распространения.

KEY WORDS : *Chara baueri*, Charophytes, Europe, Kazakhstan, Australia.

INTRODUCTION

Chara baueri was first collected by Bauer in Berlin and named *Chara scoparia* by Reichenbach in Moesslers Handbook (Reichenbach, 1829). The original name has been found to be illegal (cf. Wood, 1962, Wood & Imahori, 1965), and the legal name today is *Chara baueri* Alexander Braun (Braun, 1847).

DESCRIPTIONS

General description of the species

Chara baueri is a haplostephanous species. Relatively small plants, up to 10 cm. Axes up to 1mm in diameter. Cortex 2-3 corticate, isostichous. Other parts of the plant lack cortication. Branchlet 8-10 in a whorl, often slightly swollen. End-cell and bract-cells forming a *corona*. Plants monoecious. Bract-cells well developed.

Species closely related to *Chara braunii* Gmelin. The form f. *mülleri* A.Br. is here included in the species, which is in accordance with Wood (1972). Good descriptions and illustrations of the species can be found in Nordstedt (1891) and Migula (1897). In this article we will deal with two finds of the species; a new discovery from Kazakhstan and the find from Sweden reported by Blindow (1994).

Description of the specimens from Sweden (Fig. 1a)

Plant monoecious. 4.6 cm high. Slightly encrusted. *Axes* 930 µm in diameter, internodes to 1.3 cm long. *Stem cortex* difficult to determine, but seems to be mostly 2-corticate. Cortex-cells isostichous. *Spine-cells* solitary, acute to 0.5x stem diameter. Many spine-cells on young internodes. Only few on the lower stem parts. *Stipulodes* in one tier, well developed, acute, to 1.2 mm long. *Branchlets* 7-8 in a whorl, to 1.5 cm long, ecorticate, 1x to 2x internode, with 4 segments. *Corona* 400 µm long. Bract-cells

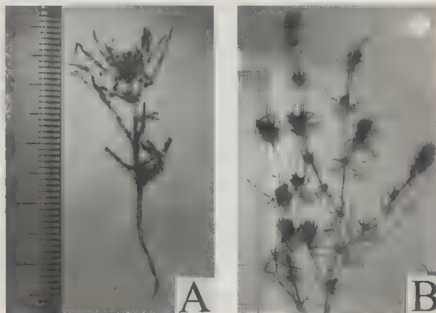


Figure 1. - *Chara baueri*. A. Specimen from Sweden. B. Specimen from Kazakhstan.

well developed. *Bracteoles* and *anterior* bract-cells c. as long as oogonium. *Posterior* bract-cells shorter. Rich fruiting, with some ripe oospores. Oogonium 600 µm long (unmature), 250 µm wide. Oospore 600 µm long, black. Antheridium 200 µm in diameter. The specimen was examined in dry condition.

Specimen studied; Sweden: Skåne, Brunnby, 28.7.1849 ex. herb Gyllenstierna (*In* Herb. W.Krause).

Description of the specimens from Kazakhstan (Fig. 1B and Fig. 2)

Plants monoecious, to 10 cm high. Not encrusted. Resemble *Chara braunii*. *Axes* to 570 µm in diameter, *internodes* to 1.5 cm long. *Stem cortex* 2-3 corticate, on young internodes most 2-corticate. On old internodes 3-corticate, often difficult to decide. Cortex- cells isostichous. *Spine-cells* solitary, to 380 µm long, acute, to 1x stem diameter, commonly shorter. Many spine-cells on young internodes. Old internodes with few spine-cells, often very short. *Stipulodes* in 1 tier, 1 per branchlet, up to 1.5 mm long. *Branchlets* 8-9 in a whorl, to 1 cm long, ecorticate, 0,1x to 1.5x internodes, with 4-5 segments. End-cell and 2-3 bract-cells form a *corona*. Corona 250-300 µm long. *Bract-cells* well developed. *Bracteoles* 2, as long as oogonium. Anterior and posterior bract-cells as long as the bracteoles or posterior bract-cells shorter. Rich fruiting. *Gametangia* conjoined at 1-2 lowest branchlet nodes. *Oogonia* 1mm long,

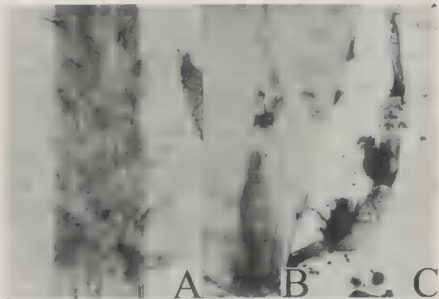


Figure 2. - *Chara baueri*. Details of specimens from Kazakhstan. A. Stem cortex 2-3 corticate. Spine-cells single, acute. Stem diameter 650 µm. B. Segment with corona. Length of corona 300 µm. C. Branchlet with oogonia. Length of one oogonium is 1000 µm.

450 µm wide, convolutions 10. *Coronula* 250 µm long and 250 µm wide. Oospore 500 µm long, 300 µm wide, black, with 8 ridges, *fossa* c. 45-50 µm. Antheridia small, 300 µm in diameter.

Specimens studied; Kazakhstan: Petropavlowsk. Coll. B.Sviridenko, 2.10.1994. (*In* Herb. O).

ECOLOGY

Little is known about the ecology of *Chara baueri*.

In Holtz (1903) one can read "Als Fundorte sind kleine Tümpel (bei Berlin, nach Bauer, mit Thonboden) bekannt. Sie wurde mit *Nitella batrachosperma, Ch. fragilis, Potamogeton trichoides* und *Elatine alsinastrum* gesellig gefunden."

Wood (1972) has produced reports about it based on finds in many different habitats "river, pond, pool, dam, water holes, marsh; on mud bottom; apparently only in fresh water."

Werner Krause says that its typical localities is muddy puddles or "hog pools". Such places seems to be improper for modern man, who empty or fill them up (Krause pers. comm.).

Description of [redacted] locality in Kazakhstan.

Chara baueri was found in a shallow temporary pool situated 10 km east of Petropavlowsk in Kazakhstan (Fig. 3). The depth where the charophytes grew was 0.1 - 0.3 m, and the bottom was sand covered with a thin layer of silt. The growth of plants in the locality was rich and the two charophytes *Chara baueri* and *Nitella confervacea* A.Br. (= *N. batrachosperma* (Reich.) A.Br.) were found together with, *Lemna trisulca* L., *Limosella aquatica* L., *Callitriche verna* L., *Elatine alsinastrum* L., *Potamogeton gramineus* L., *P. obtusifolius* Mert. et Koch, *P. pusillus* L., *Alisma plantago-aquatica* L. and *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst.

The water was limerich and alkaline. The chemical parameters measured are:

Ca mg l^{-1}	*Mg mg l^{-1}*	*K and Na mg l^{-1}*	*HCO_3 mg l^{-1}l*	*Cl mg l^{-1}*	*SO_4 mg l^{-1}*	*Total salt g l^{-1}*
33,67	*11,19*	*26,25*	*195,26*	*7,80*	*11,01*	*0,28*

Chara baueri was heavily infected with the endophytic green alga *Coleochaete nitellarum* Jost. This is also known from *Chara braunii* in Norway.

Known distribution of *Chara baueri*

Chara baueri is well known from Europe where it earlier was found around Berlin, (Sydow, 1882; Migula, 1897; Holtz, 1903). It is also known in Austria, (Ganterer, 1847), Italy near Oldenico in Piemonte (Wood & Imahori, 1965) and Lituania (Hollerbach & Krassavina, 1983).

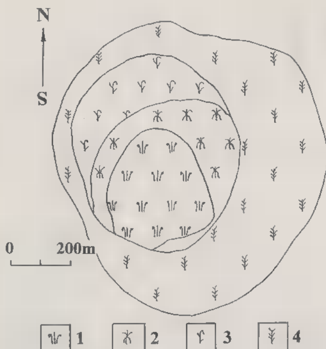


Figure 3. - Scheme of the temporary pool with distribution of plants. 1. *Typha angustifolia* L., *Utricularia vulgaris* L. and *Lemna trisulca* L. - 2. *Carex omskiana* Meinsh., *Utricularia vulgaris* L. and *Lemna trisulca* L. - 3. *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link, *Carex riparia* Curt., *Lemna trisulca* L. and *Ricciocarpus natans* (L.) Corda - 4. Procoenoses of charophytes.

The species has recently been reported from Sweden in Blindow (1994), and it is confirmed by us based on herbarium specimen held by Werner Krause (Germany). In this article we report a new find from Kazakhstan.

The Australian occurrence of the species is reported in Braun & Nordstedt (1882), Nordstedt (1891), Holtz (1906), Hasslow (1939), Wood & Imahori (1959) and Wood (1972).

The known localities where *C. baueri* is found can be seen in figure 4.

DISCUSSION

Chara baueri has presumably not been found in Europe since 1871 (Holtz, 1903); dates on the Italian and Lituanian finds are not known. According to Hasslow (1939) the species was collected in New South Wales, Australia in 1936.



Figure 4. - All known localities with *Chara baueri.*

The present conditions in Berlin describe presumably what in general has happened to *Chara baueri* in Europe. In today's Berlin the number of charophytes has been recorded as being five. This is a decrease from 23 earlier known species (Geissler, 1988). The decrease is due to the growth of the metropolis Berlin, and it includes *Chara baueri.* The localities where this species is found, muddy puddles etc., have been easy to remove or fill in. We presume that there is still a chance to find the species in one of the numerous pools produced by today's building activities etc. e.g. in Berlin.

The distribution of *Chara baueri* is disjunct (Fig. 4) as it is found in Europe and in Australia. The new find in Kazakhstan links these two areas together, although there still is a great gap from Kazakhstan to Australia. The species has not been reported from India (Pal *et al.,* 1962), Burma (Pal, 1931), Malaysia (Zaneveld, 1940) where the charophyte flora is well known.

We agree with Wood & Imahori (1965) who says: "they may be relict areas in a one-time extensive species range from Europe to Australia." This view is supported by the discovery of the species in Kazakhstan. The fact that *C. baueri* is not found in tropical Asia can be due to the special climate. In earlier periods it is suggested that the

climate through the whole region where *C. baueri* must have been, was more like the climate in the areas where it is distributed today.

We do believe that long distance dispersal by birds also can be a probable explanation for the occurence of *Chara baueri* in Kazakhstan. There are several possible candidates who migrate from Europe to the Kazaksthan area in the spring (Alerstam, 1990). We would also suggest that the species should be looked for in Northern China.

Distribution patterns similar to *Chara baueri* are also known from phanerogames (Sunding,1970), and these are most probably historical.

Acknowledgment - We are indebted to Dr. Werner Krause (Germany) from whom we have lend the specimen of *Chara baueri* from Sweden and given us information about the species and to Dr. Oskar Garstein (Norway) who has corrected the English text and Lektor Toril Sørensen (Norway) who has translated the French summary.

REFERENCES

ALERSTAM T., 1990 - *Bird Migration*. Cambridge University Press. 420 p.

BLINDOW I., 1994 - Sällsynta och hotade kransalger i Sverige (*Rare and threatened charophytes in Sweden*). *Svensk Bot. Tidskr.* 88: 65-73.

BRAUN A., 1847 - Uebersicht der Schweizerischen Characeen. *Neue Denkschr. Schweiz. Ges. Naturw.* 10: 13.

BRAUN A. & NORDSTEDT O., 1882 - Fragmente einer Monographie der Characeen. Nach den hinterlassenen Manuscripten A.Braun's herausgegeben von Dr. O.Nordstedt. *Abh. K. Akad. Wiss. Berlin 1882*. 211 p., Pl. I-VII.

GANTERER U., 1847 - *Die bisher bekannten österreichischen Charen*. Dissert. 22 p. Wien.

GEISSLER U., 1988 - Some changes in the flora and vegetation of algae in freshwater environments. *Helgoländer Meeresunters. 42*: 637-643.

HASSLOW O.J., 1939 - Einige Characeenbestimmungen. *Bot. Notiser* 1939: 295-301.

HOLLERBACH M.M. & KRASSAVINA L.K., 1983 - *Charovye vodoroslej-Charophyta in Opredelitel presnovodnych vodoroslej SSSr* 14. Leningrad (*Flora of fresh water algae of USSR 14- Charophyta)*. 190 p.

HOLTZ L., 1903 - *Characeen* in Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Vol. 4 (1). Leipzig. 136 p.

HOLTZ L., 1906 - Üeber Characeen gesammelt in Australien und auf Sizilien. *Mitt. Naturw. Ver. Neu-Vorpommern Rügen 37*: 36-43.

MIGULA W., 1897 - *Die Characeen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In* L.Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. Vol. V. Leipzig. 765 p.

NORDSTEDT O., 1891 - *Australasian Characeae, described and figured*. Lund. Part 1.

PAL B.P., 1931 - Burmese Charophyta. *J. Linn. Soc. London, Bot.* 49: 47-92.

PAL B.P, KUNDU B.C., SUNDARLINGAM V.S. & VENKATARAMAN G.S, 1962 - *Charophyta*. I.C.A.R. 130 p. New Dehli.

REICHENBACH H.G.L., 1829 - *In* Mösslers Handbuch der Gewächskunde. Ed 2. Vol. 3. Altona (*Characeae* pp. 1592- 1601).

SUNDING P., 1970 - Elementer i Kanariøyenes flora, og teorier til forklaring av floraens opprinnelse. (*Elements in the flora of the Canary islands and theories on the origin of their flora*). *Blyttia* 28: 229-259.

SYDOW P., 1882 - *Die bisher bekannten Europaeischen Characeen*. Berlin 104 p.



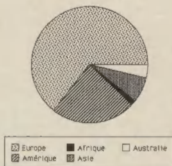
WOOD R.D., 1962 - New combinations and taxa in the revision of Characeae. *Taxon* 11: 7-25.
WOOD R.D., 1972 - Characeae of Australia. *Nova Hedwigia* 22: 1-120.
WOOD R.D. & IMAHORI K., 1959 - Geographical distribution of Characeae. *Bull. Torrey Bot. Club* 86: 172-183.
WOOD R.D & IMAHORI K., 1965 - *Monograph of the Characeae.* Cramer Verlag. Weinheim. 904 p.
ZANEVELD J.S., 1940 - The Charophyta of Malaysia and adjacent countries. *Blumea* 4: 1-224.

Commission paritaire 15-9-1981 - N° 58611 - Dépôt légal 2e trimestre 1995 - Imprimerie F. Paillart
Sortie des presses le 30 mai 1995 - Imprimé en France
Éditeur : A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames)
Président : D. Lamy ; Secrétaire : B. Dennetière
Trésorier : E. Bury ; Directeur de la publication : H. Causse



CRYPTOGAMIE

Diffusion CRYPTOGAMIE



LE PÉRIODIQUE FRANÇAIS CONSACRÉ A LA CRYPTOGAMIE

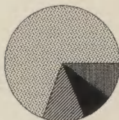
CRYPTOGAMIE est un périodique édité par l'A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames), dont le siège est au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle. Les chercheurs de tous pays y publient leurs travaux en français, allemand, anglais, espagnol et italien, après accord des Comités de Lecture constitués de spécialistes de réputation internationale.

CRYPTOGAMIE propose trois sections:

Cryptogamie, Algologie
Cryptogamie, Mycologie
Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie

Chaque section publie 4 numéros par an (tirage: 450 exemplaires).

Origine des 453 articles publiés de 1986 à 1991



Europe
Afrique
Amérique
Asie

THE FRENCH JOURNAL DEVOTED TO CRYPTOGAMY

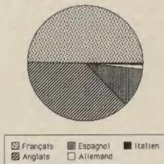
CRYPTOGAMIE is a periodical published by A.D.A.C. (Association des Amis des Cryptogames), settled at Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle. Research workers from the whole world publish their papers in French, German, English, Spanish and Italian, after acceptation by a selection commettee that comprises experts of international renown.

CRYPTOGAMIE offers to its subscribers three sections:

Cryptogamie, Algologie
Cryptogamie, Mycologie
Cryptogamie, Bryologie-Lichénologie

Each section publishes 4 numbers a year (printing: 450 ex.).

Répartition des articles publiés de 1986 à 1991 selon la langue



Source : MNHN, Paris

SOMMAIRE

Cryptogamie, Algol. 1995, 16 (2): 63-132.